

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**SELECCIÓN DE ÁRBOLES PLUS DE *Pinus leiophylla* schl &
cham ALTAMENTE PRODUCTORES DE RESINA EN
MICHOACÁN, MÉXICO**

MARTÍN LÓPEZ ORTÍZ

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

Junio 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

T E S I S

**SELECCIÓN DE ÁRBOLES PLUS DE *Pinus leiophylla* schl &
cham ALTAMENTE PRODUCTORES DE RESINA EN
MICHOACÁN, MÉXICO**

Presentada por:

Ing. MARTÍN LÓPEZ ORTÍZ

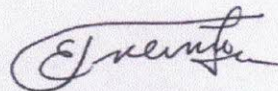
**Como requisito parcial para obtener el grado de:
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

COMITÉ EVALUADOR DE TESIS:



Dr. Horacio Villalón Mendoza

Presidente



Dr. Eduardo Javier Treviño Garza

Secretario



Dr. Fortunato Garza Ocañas

Vocal

Olga Leticia Enríquez
Velázquez.

M.C. Olga Leticia Enríquez Velázquez

Asesor externo

Linares, Nuevo León. México

junio 2021

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por concederme salud, fortaleza y permitir superar las adversidades en esta etapa de mi vida.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme la vital beca para realizar los estudios de maestría en ciencias forestales.

A la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León y en especial al cuerpo de profesores-investigadores que formaron mi perfil profesional con sus conocimientos y experiencia.

Al proyecto EJIDO VERDE por permitirme realizar esta investigación.

Al comité de tesis, donde todos los integrantes de manera honesta, capaz y respetuosa crearon un ambiente de confianza y responsabilidad en el desarrollo de esta investigación.

Al Dr. Horacio Villalón Mendoza por la confianza brindada, calidez, motivación y sencillez que lo caracteriza, conformando un ambiente de trabajo placentero, así como en cada una de sus acertadas recomendaciones. Le agradezco su paciencia, tolerancia y dedicación al compartir sus conocimientos que ahora son parte de mi formación profesional.

Al Dr. Ricardo López Aguillón por sus acertadas recomendaciones en el ámbito científico, gracias por siempre estar dispuesto a conversar sobre la estructuración de la tesis, además de sus comentarios y sugerencias que mejoraron este escrito y por su amistad.

Al Dr. Eduardo Javier Treviño Garza por su activa participación, propositiva y entusiasta en la elaboración de la investigación, gracias por sus comentarios, sugerencias, acertadas observaciones y por su amistad.

Al Dr. Fortunato Garza Ocañas por formar parte de mi comité brindando apoyo, comentarios y sugerencias para mejorar.

A la M.C. Olga Leticia Enríquez Velázquez por la amistad incondicional, sus consejos, tiempo requerido y uso de las instalaciones en el área de investigación y desarrollo de EJIDO VERDE.

A los representantes de la comunidad indígena de Patambán por su calidez y buen trato.

DEDICATORIA

A mis padres: A mi madre María Ortíz Mejía por su amor incondicional y mi padre el Ingeniero Forestal Martín López Tovar por ser un ejemplo, por su amor, apoyo, comprensión, entusiasmo, dedicación en cada uno de los escalones de mi educación; pero sobre todo por haberme dado la vida y enseñarme a valorarla, porque siempre están ahí y nunca me han dejado solo.

A mi hermano Miguel Ángel López Ortíz estudiante de la carrera de Ingeniería Forestal en la División de Ciencias Forestales en la Universidad Autónoma Chapingo que en todo momento me ha brindado su apoyo y me ha motivado a seguir adelante; pero sobre todo por ser un gran compañero de vida, que Dios siempre nos mantenga unidos.

A toda mi familia, a mi novia Christian Guadalupe Herrera Villalobos agradezco el quererme e impulsarme a ser mejor persona día con día para lograr cumplir mis metas y contribuir a la sociedad, a mis compañeros de estudio por todos los momentos que compartieron conmigo.

Al Ing. Oscar Facundo Betancourt y al Ing. Luis Enrique Talavera Villa por su amistad, compañía y apoyo en los trabajos de campo.

SELECCIÓN DE ÁRBOLES PLUS DE *Pinus leiophylla* schl & cham ALTAMENTE PRODUCTORES DE RESINA EN MICHOACÁN, MÉXICO

Martín López Ortíz

RESUMEN

Debido a que la demanda de la resina aumenta de manera acelerada en el mercado mundial y la pérdida de cobertura forestal de los bosques naturales. La presente investigación tiene por objetivo contribuir a la conservación de recursos genéticos forestales, mediante la selección de árboles de *Pinus leiophylla* Schl. & Cham. con alto potencial productivo de resina estableciendo un proceso en la selección y obtención de material genético en el Estado de Michoacán. Lo anterior, determinando la relación existente entre las variables diámetro, edad y altura, así como el efecto del clima con la producción de resina en árboles “plus”. Se utilizó el método Hugues para la recolección de resina cada 15 días, y se registró su peso en bascula para determinar su producción. Los datos obtenidos en el área de estudio, se ordenaron en una hoja de EXCEL y fueron sometidos a su análisis de varianza (ANOVA) utilizando el programa estadístico STATISTICA 10 aplicando una comparación múltiple de medias a través de la prueba Tukey ($\alpha=0.05$). Los resultados muestran que el diámetro de 65 cm y la edad de 58 años, tuvieron una producción de resina de 1.220 kilogramos en la selección de árboles. La mayor producción mensual de resina ocurrió en dos árboles L31 y L66, para un mejor análisis de los efectos de la variable diámetro en la producción de resina se realizó un análisis de correlación, observándose $r = -0.5891$. Estos resultados indican una tendencia de disminución de la producción de resina conforme aumenta el crecimiento del diámetro del árbol. Los resultados de la variable altura del árbol no tuvieron una relación altamente significativa $r = 1.0044$ con la producción de resina. Los resultados muestran que la producción promedio mensual de resina es de 0.6 a 4.6 kilogramos. La mayor producción de resina se presenta en el mes de junio que es cuando, por efecto de la elevada temperatura 36° de la época de sequía el árbol apertura los canales resiníferos. La curva de producción – edad - temperatura ayuda a la toma de decisiones para el manejo sustentable de este recurso.

Palabras clave: resina, producción, selección, correlación, diámetro, edad, altura, manejo, *Pinus leiophylla*, material genético.

SELECTION OF HIGHLY RESIN-PRODUCING PLUS TREES OF *Pinus leiophylla* schl & cham IN MICHOACÁN, MEXICO

Martín López Ortíz

ABSTRACT

Due to the accelerated increase in the demand for resin in the world market and the loss of forest cover in natural forests, the present research aims to contribute to the conservation of forest genetic resources by selecting highly resin productive trees of *Pinus leiophylla* Schl. & Cham., and establishing a process in the selection and obtaining of genetic material in the State of Michoacán. The above, determining the relationship between the variables diameter, age and height as well as the effect of climate with resin production in "plus" trees. The Hugues method was used to collect resin every 15 days, and its weight was recorded on a scale to determine its production. The data obtained in the study area were arranged in an EXCEL sheet and were subjected to analysis of variance (ANOVA) using the STATISTICA 10 statistical program, applying a multiple comparison of means through the Tukey test ($\alpha=0.05$). The results show that diameter of 65 cm and age of 58 years, they had a resin production of 1,220 kilograms in the selection of trees. The highest monthly resin production occurred in two trees L31 and L66, for a better analysis of the effects of the diameter variable on resin production, a correlation analysis was performed, observing $r = -0.5891$. These results indicate a tendency for resin production to decrease as the diameter of the tree increases. The results of the tree height variable did not have a highly significant relationship $r = 1.0044$ with resin production. The results show that the average monthly resin production is 0.6 to 4.6 kilograms. The highest resin production occurs in the month of June, which is when, due to the 36 ° high temperature of the dry season, the tree opens the resin channels. The production-age-temperature curve helps decision-making for the sustainable management of this resource.

Keywords: resin, production, selection, correlation, diameter, age, height, management, *Pinus leiophylla*, genetic material.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. HIPÓTESIS.....	2
3. OBJETIVOS	2
3.1. Objetivo general.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2. Objetivos específicos	¡Error! Marcador no definido.
4. ANTECEDENTES.....	3
4.1. Aprovechamiento de resina de pino.	3
4.2. Estudios de la resina de pino en el mundo.....	4
4.3. Situación de la producción de resina de pino en el mundo.	5
4.3.1. Situación del mercado de la resina de pino en México.	5
4.3.2. El sector resinero en Michoacán, México.....	6
4.4. La resina de pino y sus derivados.....	7
4.5. La industria forestal de resina de pino.....	8
4.6. Conservación de recursos genéticos forestales, mediante la selección de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. & Cham en Michoacán.....	10
4.6.1. Generalidades de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. & Cham.....	11
4.6.2. Descripción de la especie <i>Pinus leiophylla</i> Schl. & Cham.	12
4.6.3. Distribución de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. & Cham en México y USA.....	15
4.7. <i>Pinus leiophylla</i> Schl. & Cham para aumentar la producción de resina mediante un programa de mejoramiento genético.	15
4.7.1 Importancia ecológica de la selección de árboles potencialmente resineros en Michoacán.....	16

4.7.2. Importancia cultural de la selección de árboles potencialmente resineros en Michoacán.....	17
4.7.3. Importancia socioeconómica de la selección de árboles potencialmente resineros en Michoacán.....	17
4.8.1. Generalidades del estudio técnico para el aprovechamiento de resina de pino.	19
4.8.2. Aspectos a considerar en el manejo sustentable de la resina de pino.	20
4.9. Plantaciones forestales comerciales resineras en el mundo.....	21
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
5.1. Localización del área de estudio.	24
5.2 Selección de árboles altamente productores de resina	25
5.3 Recolección de muestras de resina por el método francés.....	27
5.4 Variables de estudio.	29
5.4.1 Medición del diámetro normal.	29
5.4.2 Medición de altura.....	29
5.4.3 Medición de edad.....	30
5.4.4 Datos climatológicos del área de estudio.	31
5.4.5 Peso de la resina de pino.	32
5.5 Recolección de muestras de semilla.	32
6 RESULTADOS	34
6.1. Selección de árboles	34
6.1.1. Ubicación geográfica, la medición de las variables: registradas en campo de los 100 <i>Pinus leiophylla</i> altamente productores de resina.	34
6.2 Medición de diámetro	37
6.3 Medición de altura	38
6.4 Medición de edad	39
6.5. Datos climatológicos.....	40

6.5.1.	Curva de crecimiento que interpreta la relación de la producción de resina de pino con el clima, en la comunidad indígena de Patamban, Michoacán.....	40
6.6.	Peso de la resina	41
6.7.	Cadena de valor de la resina de pino.	44
6.8.	Recolección de semilla ¡Error! Marcador no definido.	
6.9.	Análisis estadístico	45
6.9.1.	Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de las variables independientes respecto a la producción de resina (variable dependiente).	45
6.9.2.	Relación de diámetro y edad con la producción de resina.....	46
6.9.3.	Edad vs Producción de resina.....	47
6.9.4.	Diámetro vs Edad vs Producción de resina.....	48
6.9.5.	Edad vs Diámetro	49
6.10.	Curva de producción edad en el manejo forestal.	50
7.	DISCUSIÓN	51
8.	CONCLUSIÓN	51
9.	BIBLIOGRAFÍA	52
10.	ANEXOS.....	58
10.1.	Propuesta de Huerto semillero en Michoacán.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aprovechamiento de resina de pino en un bosque de pino-encino en Michoacán, México.....	3
Figura 2. Países productores de resina. Rosin China, Rosineb, ARESB, Perum Perhutani (2018)	6
Figura 3. Estados productores de resina en México. (SEMARNAT 2018)	6
Figura 4. Producción de resina de pino por el método Hugues francés a vida en Michoacán.....	7
Figura 5. Vista general de una planta destiladora de resina de pino.....	9
Figura 6. Estructura secundaria en un fuste de <i>Pinus</i> (imagen de InneBioVeg, 2019)	11
Figura 7. Ejemplo de corte transversal de una hoja de <i>Pinus</i> (Imagen de Mauseth weblab 2013)	12
Figura 8. Estructura morfológica de un árbol de <i>P. leiophylla</i>	13
Figura 9. Principales características del estróbilo, hojas, semillas y madera en la identificación botánica de <i>P. leiophylla</i>	14
Figura 10. Distribución de <i>Pinus leiophylla</i> en México (naturalista).....	15
Figura 11. Brigada realizando actividades en el manejo sustentable para el aprovechamiento de resina de pino.....	21
Figura 12. Plantación forestal comercial resinera en Yunnan, China.....	22
Figura 13. Plantación forestal comercial resinera en São Paulo, Brasil.....	22
Figura 14. Inicio de plantaciones forestales comerciales resineras en Michoacán, México.....	23
Figura 15. Área de estudio C.I. Patambán, municipio de Tangancícuaro, Michoacán (INEGI, 2019)	24
Figura 16. Diagrama de flujo para la metodología en la selección de <i>Pinus leiophylla</i> schl & cham altamente productores de resina en Michoacán, México.....	25
Figura 17. Proceso de selección de árboles altamente productores de resina.....	26

Figura 18. Material para llevar a cabo la resinación y recolección de muestras.....	27
Figura 19. Resinación por el método francés.....	28
Figura 20. Izquierda: Forcípula, Derecha: medición de diámetro normal de acuerdo al fuste y la pendiente	29
Figura 21. Izquierda: Clinómetro suunto, Derecha: medición de altura de acuerdo con la pendiente.....	30
Figura 22. Insertado de barreno ejerciendo presión y girando en dirección de las manecillas del reloj y girado de barreno en dirección de las manecillas del reloj.....	30
Figura 23. Procedimiento para obtener producción de resina.....	32
Figura 24. Procedimiento para la conservación de germoplasma.....	33
Figura 25. Comportamiento de la producción mensual de la resina dependiendo del diámetro del fuste.....	37
Figura 26. Altura del árbol vs Producción promedio de resina.....	38
Figura 27. Comportamiento de la edad en la producción de resina.....	39
Figura 28. Efecto del clima en la producción de resina.....	40
Figura 29. Cadena de valor de la resina de pino.....	44
Figura 30. Análisis de regresión en el comportamiento de la producción de resina respecto al diámetro del fuste del árbol.....	46
Figura 31. Edad y producción de resina.....	47
Figura 32. Comportamiento de la producción promedio de resina dependiendo de la edad y el diámetro del fuste de los árboles.....	48
Figura 33. Edad vs Diámetro.....	59
Figura 34. Curva de producción edad en el manejo forestal.....	50
Figura 35. Parcela para el establecimiento de árboles altamente productores de resina.....	58
Figura 36. Conos de <i>Pinus leiophylla</i>	59
Figura 37. Superficie plantación forestal comercial de resina.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Derivados y usos del aguarrás.....	8
Tabla 2. Derivados y usos de la brea.....	8
Tabla 3. Labores a seguir para un manejo forestal de resina de pino ante SEMARNAT.....	20
Tabla 4. Dimensiones para la apertura de caras.....	28
Tabla 5. Número máximo de caras instaladas por árbol.....	29
Tabla 6. Antecedentes de Evapotranspiración Potencial (mm) en Patamban, Michoacán.....	31
Tabla 7. Antecedentes de precipitación pluvial (mm) en Patamban, Michoacán.....	31
Tabla 8. Base de datos obtenida en campo, para la selección de <i>Pinus leiophylla</i> en la comunidad indígena de Patamban, Tangancícuaro, Michoacán.....	34
Tabla 9. Producción de <i>Pinus leiophylla</i> altamente productores de resina de pino en la comunidad indígena de Patamban, Tangancícuaro, Michoacán.....	41
Tabla 10. Resultados del análisis de varianza de las variables independientes del estudio relacionadas con la producción de resina.....	46

1. INTRODUCCIÓN

Los bosques ofrecen productos y servicios, además de intervenir en la regulación del clima, conservación de suelos, flora, fauna y mantenimiento de sistemas acuíferos (FAO, 2016). Los productos derivados de los bosques son clasificados como productos forestales maderables (PFM) y productos forestales no maderables (PFNM). La resina de pino es un producto forestal no maderable que se obtiene de la exudación de las especies de pino, mediante un proceso industrial se obtiene la brea y el aguarrás; para el mercado de productos farmacéuticos, pinturas, gomas, jabones, adhesivos, barnices, tintas, materias para la elaboración de refrescos, breas transformadas para la fabricación de llantas, ceras y perfumes, principalmente (SEMARNAT, 2016). A nivel global China, Brasil, Indonesia, México e India son los principales productores de resina (Cunningham, 2009). En México, la producción de resina se concentra principalmente en cuatro Estados: Michoacán, Estado de México, Jalisco y Oaxaca (CONAFOR, 2012). Siendo Michoacán el mayor productor con aproximadamente el 90% de la producción Nacional, teniendo como principales especies resineras: *Pinus pringlei* Shaw, *Pinus oocarpa*, *Pinus leiophylla* Schl. & Cham, *Pinus lawsonii* Roetzl ex Gordon, *Pinus teocote* y *Pinus pseudostrobus* Lindley (UNR, 2019). Michoacán adquiere su producción a través de bosques naturales, en los últimos años ha comenzado a disminuir por diversas razones como: cambio de uso de suelo, la tala ilegal, incendios, enfermedades y aprovechamiento indiscriminado de madera, dejando aún lado los beneficios que brindan los bosques. Por ello es necesario el establecimiento y sustento de plantaciones forestales comerciales resineras como una alternativa para rescatar terrenos degradados, reducir las tasas de erosión y asegurar el abastecimiento a la industria resinera (Flores H. J., 2011). La presente investigación crea un proceso en la selección y obtención de material genético para dichas plantaciones. Seleccionar árboles altamente productores de resina proyectará aprovechar sus características fenotípicas y genotípicas mediante la recolección de resina en un año, posteriormente obtener su semilla para implantar huertos semilleros contribuyendo en calidad de vida de quienes se dedican a la noble labor de la resinación (UNR, 2019). Patambán es una comunidad indígena de Michoacán, en la cual el aprovechamiento y gestión de recursos forestales de clima templado posee gran importancia socioeconómica, ya que constituye una fuente de trabajo permanente (Ayala 2011).

Sin embargo, en los últimos años la pérdida de cobertura forestal ha causado daños a los ecosistemas (Velázquez et al., 2002). Por lo anterior es transcendental conservar recursos genéticos forestales de interés como son las especies de pinos resineros.

2. HIPÓTESIS

El diámetro y la edad tienen relación con la producción de resina en la selección de *Pinus leiophylla* Schl. & Cham.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Seleccionar de árboles de *Pinus leiophylla* Schl. & Cham. con alto potencial productivo de resina para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales.

3.2. Objetivos específicos

- 1) Seleccionar 100 árboles potencialmente resineros en campo y recolectar la resina que producen en la C.I. Patambán, Michoacán.
- 2) Diseñar estrategias de un programa de mejoramiento para aumentar la producción de resina.
- 3) Determinar la cadena de valor de la resina de pino.
- 4) Implantar bases de investigación que sirvan para establecer plantaciones forestales comerciales con árboles altamente productores de resina.
- 5) Realizar una curva de producción-edad para conocer el comportamiento y apoyar a la toma de decisiones en el manejo de recursos forestales maderables y no maderables.

4. ANTECEDENTES

4.1. Aprovechamiento de resina de pino.

La resina de pino es una sustancia viscosa y pegajosa, constituida por una mezcla compleja de diferentes tipos de terpenos. Se produce en las células resiníferas y, tras ser expulsada al exterior del árbol por un estrés biótico o abiótico, se endurece y protege al pino contra patógenos y fitófagos. La resina de pino y sus productos han sido utilizados por la humanidad desde épocas antiguas en las culturas del mundo; la biblia ya hacía referencia a la brea para impregnar el arca de Noé en el génesis, los egipcios hacían barnices repelentes del agua y lacas para llevar cabo la momificación, mientras que en México la diosa llamada Tzapotlatena introdujo a la resina “úxitl” para sanar enfermedades (Romanh de la vega, 1992).

La actividad resinera ha mostrado crisis productivas por el deterioro de los bosques, la industria resinera de pinos aumentó la demanda de materia prima, llevando brea y aguarrás a diferentes estados e incluso a otros países para transformarlas químicamente y convertirlas en innumerables productos de mayor valor agregado (SEMARNAT, 2005).



Figura 1. Aprovechamiento de resina de pino en un bosque de pino-encino en Michoacán, México.

4.2. Estudios de la resina de pino en el mundo.

El sector resinero presenta gran importancia social dado que provee de ingresos adicionales a los dueños y poseedores del bosque, es necesario brindar opciones viables para un mayor desarrollo, estudio y expansión de la actividad a nivel de recolección, manejo del bosque e implementación de plantaciones para extracción de resina, esto impactaría en el aumento de los precios de los productos obtenidos y en la mejora de la calidad de vida de la sociedad en general (CONAFOR, 2012). En España a la resina recién extraída del pino la llaman miera, la cual se somete a un proceso de preparación limpieza y licuefacción obteniendo trementina, por cada 100 partes de trementina el rendimiento aproximado es de 70 de colofonia que contiene los ácidos, 20 de aguarrás el aceite esencial y 10 de agua e impurezas (Macias, 2015). Los exudados vegetales son calificados como productos forestales no maderables (PFNM) en el cual se encuentra la *Pinaceae* obtenida del género *Pinus spp.* de la cual se extrae resina para obtener colofonia y trementina que pudieran alcanzar o tal vez superar el valor económico de la producción maderable (Quiroz Carranza & Magaña Alejandro, 2015). En Kahramanmaraş, Turquía se implementó el método de perforación entre julio y octubre de 2014 para dos clases diamétricas diferentes para la producción de resina con *Pinus brutia Ten.* en: altura del pecho 28-31 cm donde los productos químicos tuvieron efecto en el rendimiento de resina en árboles de 32-35 cm. (ODABAğ SERğN, ÜNALDI, & ÇĞÇEKLER, 2017). Cerca de Liuzhou Guangxi en el sur de China, se seleccionaron cinco plantaciones de pino Masson (*Pinus massoniana Lamb.*), dos plantaciones para producción de resina y tres plantaciones testigo. Se desarrollaron modelos para mostrar el crecimiento radial acumulativo de los árboles, los límites de confianza del 95% sobre los coeficientes del modelo sugieren que no hay una diferencia significativa en el crecimiento radial acumulativo de los árboles aprovechados para resina y los árboles testigo (Williams, Nauman, & Zhu, 2017). En Indonesia se llevan a cabo evaluaciones del rendimiento de resina del *Pinus merkusii* tratada con varios estimulantes (ETRAT, SR4, ácido sulfúrico, mezclas de ácido sulfúrico y Ethepon), relacionarlo con varias características del árbol. Los resultados mostraron que la mezcla de ácido sulfúrico y Ethepon dio niveles de rendimiento altos (Lukmandaru, y otros, 2019). La industria resinera desarrolla materiales totalmente biológicos basados en almidón termoplástico (TPS) a partir de almidón de maíz plastificado con glicerol generando nuevos derivados (Aldas, Pavón, López Martínez, & Arrieta, 2020).

4.3. Situación de la producción de resina de pino en el mundo.

Como se puede observar en la Figura 2, México ocupaba el quinto lugar a nivel mundial en lo referente a la producción de resina de pino, detrás de China, Brasil, Indonesia e India que en conjunto suman más del 90% de la producción mundial (Cunningham, 2012). Las especies con mayor producción de resina en China, Brasil e Indonesia son: *P. massoniana*, *P. elliottii*, *P. merkusii*, *P. caribaea* var. *caribaea*, *P. caribaea* var. *bahamensis*, *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. yunnanensis* y *P. simao* (Cunningham, 2009).

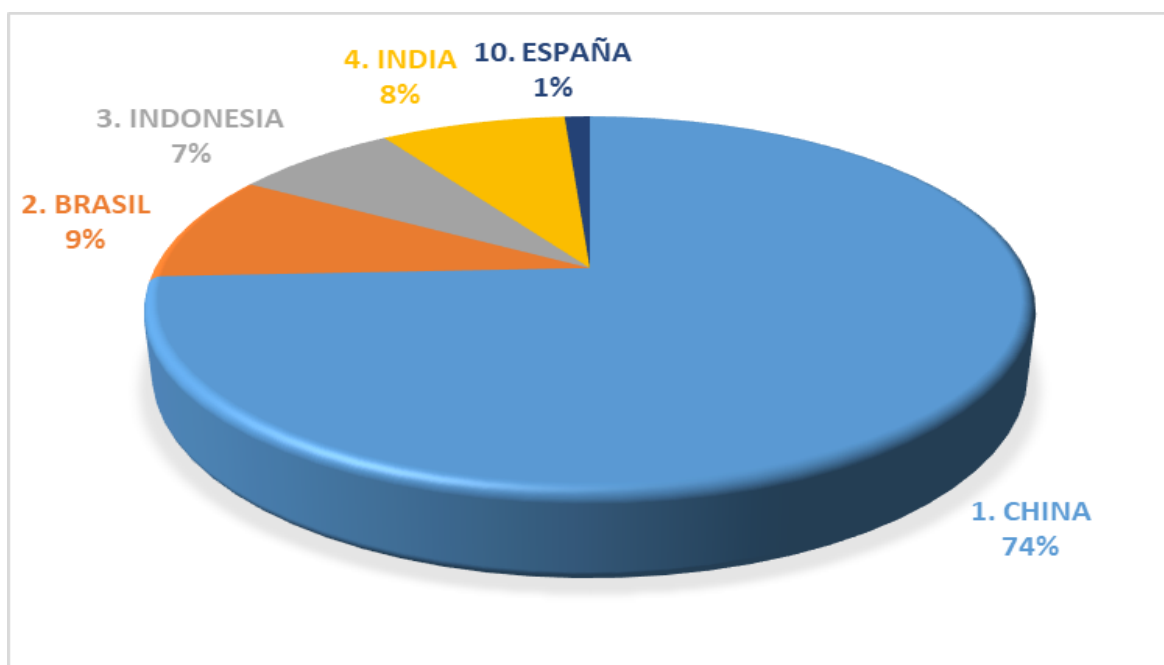


Figura 2. Países productores de resina. Rosin China, Rosineb, ARESB, Perum Perhutani (2018).

4.3.1. Situación del mercado de la resina de pino en México.

La demanda de resina de pino como materia prima para diferentes productos ha crecido en los últimos años y rebasa las posibilidades de abasto que ofrecen los principales estados productores, entre los que destacan los Estados de Michoacán, Jalisco, México y Oaxaca como se muestra en la Figura 3. Sin embargo, la producción de resina ha disminuido de poco más de 36,000 toneladas en el año 2000, a 19,500 toneladas para el 2009, representando el 42.1% del valor de la producción de productos no maderables (López, 2018).

Las especies de mayor producción resinera en México, en orden descendente son: *Pinus oocarpa*, *Pinus leiophylla*, *Pinus lawsonii*, *Pinus teocote*. y *Pinus pringlei* (SEMARNAT, 2016).

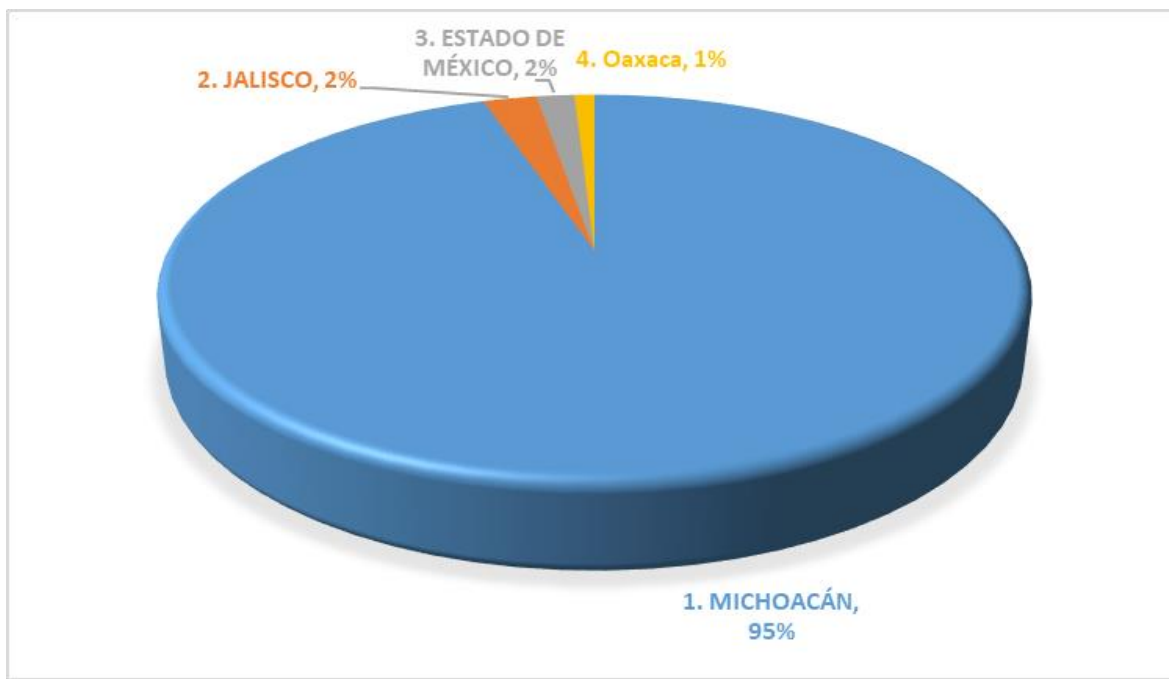


Figura 3. Estados productores de resina en México. (SEMARNAT 2018).

4.3.2. El sector resinero en Michoacán, México.

En Michoacán se utiliza el método Hughes francés a vida en la recolección de resina para mejorar el proceso de producción sin el uso de estimulantes (Rodrigues, *et al.*, 2008). Son dos temporadas de recolección al año: En época de secas en los meses de marzo a junio, donde los recolectores pueden desplazarse con mayor facilidad dentro del bosque, lo que implica una mayor recolección de volumen de resina.

En época de aguas agosto a noviembre, además de que el traslado se complica por el deterioro de los caminos, la resina, por tener menor densidad que el agua, se pierde debido a que se escurre de los contenedores al suelo (Arias, 2006).

La resinación ha sido una actividad que brinda empleos y sustento en las áreas forestales de Michoacán como se observa en la Figura 4; de ahí que el aumento en la producción y el incremento en la eficacia del aprovechamiento de varias especies de pino destacando el *Pinus leiophylla* Schl & Cham en condiciones ambientales como: tipos de suelo, precipitación, temperatura y fotoperiodo (Arias, 2006).



Figura 4. Producción de resina de pino por el método Hugues francés a vida en Michoacán.

4.4. La resina de pino y sus derivados.

La resina de pino es una sustancia viscosa que naturalmente o por incisión, fluye de las especies de árboles del género *Pinus*, la cual es utilizada como materia prima para la obtención de brea y aguarrás mediante procesos industriales. La producción de resina de pino representa el 39% del volumen de PFNM (sin considerar “Tierra de monte”). El volumen de la producción forestal en México se subdivide en dos grandes categorías: maderable y no maderable; el primero está constituido por materiales leñosos.

El segundo está compuesto por: semillas, resinas, fibras, gomas, ceras, rizomas, hojas, pencas, tallos, tierra de monte, etc. (CONAFOR, 2012).

Tabla 1. Derivados y usos del aguarrás (CONAFOR 2012).

Derivados del aguarrás y sus usos
Aceite de pino: desinfectante, perfumería
Canfeno: perfumería
Resinas politerpénicas: adhesivos
Resinas terpeno maleicas y fenólicas: pinturas
Esencia de trementina: disolvente y diluyente para pinturas y barnices

Tabla 2. Derivados y usos de la brea (CONAFOR 2012).

Derivados de la brea y sus usos
Resinato de sodio: fabricación de papel
Resinas maleicas esterificadas: lacas, barnices, tintas, adhesivos
Resinas fumáricas: tintas, barnices, ceras
Colofonias esterificadas: goma de mascar, adhesivos, barnices, emulsificante en refrescos a base de cítricos
Aceites de colofonia: cauchos, tintas

La resina de pino como materia prima combinada con químicos tiene gran variedad de productos para distintos sectores en el mercado en todo el mundo.

4.5. La industria forestal de resina de pino.

La industria resinera de México considera dos aspectos en la obtención de la resina: el primero en la extracción en el monte y el segundo en las fábricas con el objetivo de separar por destilación, los componentes de la resina en brea y aguarrás.

El aguarrás hierve a una temperatura próxima a los 150 °C y la brea comienza a emitir vapores y a descomponerse hasta los 180 °C, lo que permite, separar el aguarrás en estado de vapor, condensarse en un refrigerante y obtener la brea fundida en el alambique, tal como se muestra en la Figura 5 (Romanh de la vega, 1992).



Figura 5. Vista general de una planta destiladora de resina de pino.

El proceso de la resina en la industria consiste en su transporte del campo a la fábrica, su almacenamiento, fusión para eliminar impurezas, filtración, decantación, destilación, condensación, deshidratación, envasado de la brea y aguarrás, tratamiento de la cachaza, colas y nodos para finalmente determinar un coeficiente de destilación de la resina de acuerdo a su pureza (Romanh de la vega, 1992).

4.6. Conservación de recursos genéticos forestales, mediante la selección de *Pinus leiophylla* Schl. & Cham en Michoacán.

Un aspecto positivo de los predios resineros, son los servicios ambientales, donde ellos son considerados como nichos de multifuncionalidad ecológica; ya que evitan erosión, recargan acuíferos, purifican el aire y aumentan el valor paisajístico (FAO, 2016). Para cumplir con la demanda de resina de pino en el mercado nacional e internacional, es necesario aumentar la producción de resina de pino en las comunidades, ejidos y pequeñas propiedades en el estado de Michoacán, mediante el establecimiento de plantaciones forestales comerciales en terrenos de uso forestal desprovistos de vegetación (UNR, 2019).

Existen dos métodos de conservación de los recursos genéticos: el primero es disponer bancos de germoplasma mediante el almacenando su semilla. La segunda es el establecimiento y productividad de las plantaciones de pinos resineros seleccionando *Pinus leiophylla* Schl. & Cham con alto potencial productivo determinado por el peso de resina tomados en los sitios del mismo predio (Thomas, Jalonen, Loo, & Bozzano, 2015).

Masen (1994) propone la extracción de semilla de árboles superiores en producción de resina con heredabilidad genética, con pruebas de procedencias para producir plantas en viveros y establecerlas en campo, esperando tener árboles potencialmente resineros con resistencia a enfermedades y otros factores ambientales desfavorables. La selección de árboles altamente productores de resina para un programa de mejoramiento genético tiene el fin de mejorar las especies de pino e incrementar la cantidad de producción de resina persiguiendo un fin económico en la industria sin poner en riesgo los recursos naturales (Zobel & Talbert, 1984).

Los programas de reforestación desarrollados por los Gobiernos Estatales, el Ejército y las dependencias del Gobierno Federal han hecho uso principalmente de especies de árboles exóticas mundialmente conocidas y algunas especies nativas biológicamente mal conocidas, lo que ha impedido que se tenga algún éxito en los propósitos de: proteger el suelo de la erosión, ayudar a restaurar el microclima y el ciclo hidrológico similares a los originales y el restablecimiento de al menos parte de la flora y fauna nativa que aún sobrevive en algunos sitios (Vázquez, 2003).

Las motivaciones más importantes para realizar una reforestación, han sido apoyar a los medios de sustento de los pobladores, mediante la variedad de productos que pueden ser consumidos; reducir la degradación de suelos, proteger las cuencas y caudales de ríos para evitar deslizamientos desastrosos; conservar la biodiversidad, estableciendo plantaciones con especies amenazadas para aumentar sus poblaciones; brindar servicios ambientales tales como la provisión y captura de carbono y generar ingresos por la venta de servicio (Barrance & Hellin, 2002). El papel del vivero es muy importante para la producción, así como la calidad requerida para disminuir la mortalidad en campo y asegurar su desarrollo; de esta manera se disminuyen los costos de establecimiento y se aumenta la supervivencia con pruebas de progenie que permite conocer la herencia de los árboles (Humboldt, 2008).

4.6.1. Generalidades de *Pinus leiophylla* Schl. & Cham

Pinus leiophylla Schl. & Cham efectúa objetivos de restauración y protección ideal para suelos degradados, es excelente ejemplar para resinación, véase en la figura 6 que la resina se aprovecha de los canales resiníferos en la albura sin tocar el duramen por lo que no se ocasionan daños en las funciones de los pinos (Eguiluz Piedra, 1978).

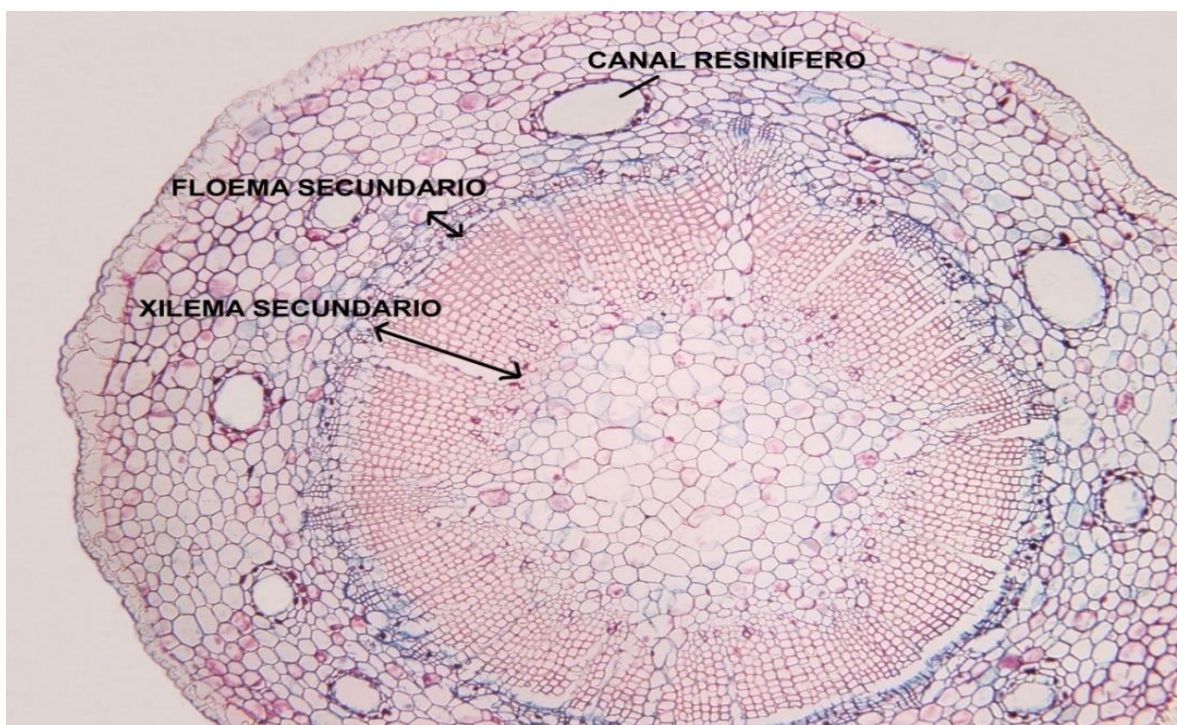


Figura 6. Estructura secundaria en un fuste de *Pinus* (imagen de InneBioVeg, 2019).

4.6.2. Descripción de la especie *Pinus leiophylla* Schl. & Cham.

Pinus leiophylla es un árbol de 15 a 25 metros, de copa irregular y algo rala; corteza delgada al principio que se vuelve más gruesa, muy áspera y rugosa, de color ceniciento primero y casi negra después; con retoños a lo largo del tronco y a veces también en las ramas primarias, las cuales suelen comenzar a poca altura, irregularmente colocadas. Las ramillas son erguidas, de color café ceniciento, en ocasiones con tinte azulado en sus partes más tiernas, algo escamosas y con la superficie casi lisa, debido a que la base de la bráctea es caediza. En el género *Pinus* el corte transversal puede ser suborbicular a triangular, según sea el número de hojas que presenta cada especie como se muestra en la Figura 7 (Martinez, 1948).

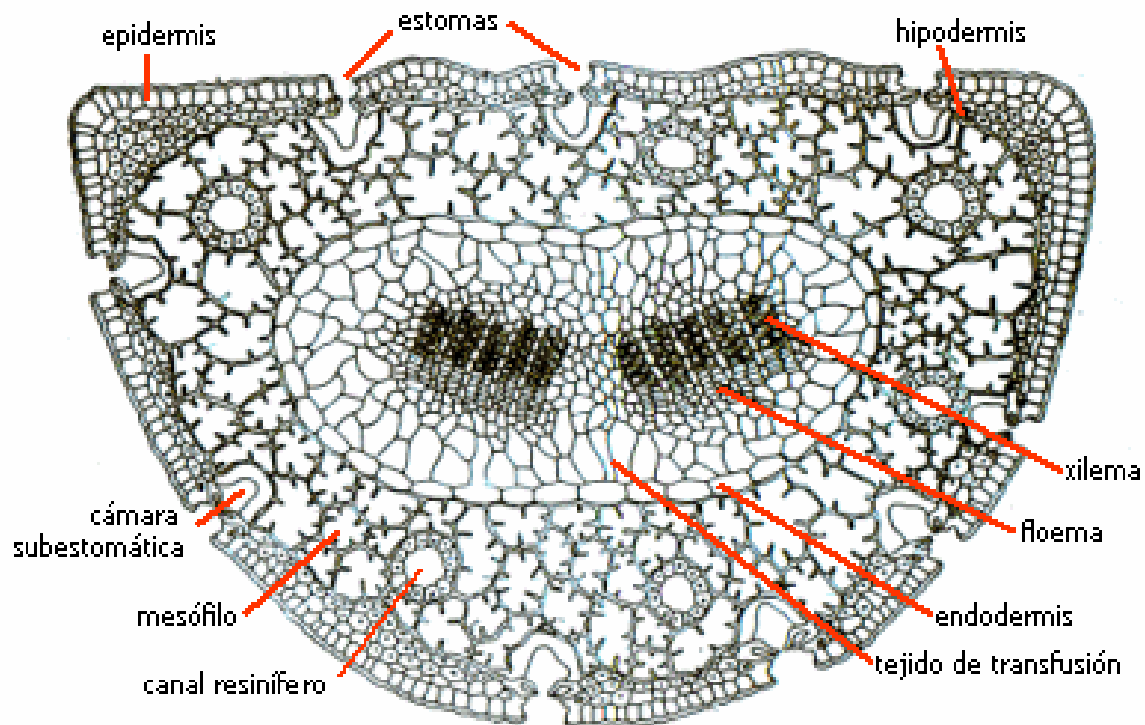


Figura 7. Ejemplo de corte transversal de una hoja de *Pinus* (Imagen de Mauseth weblab 2013).

Las hojas de *P. leiophylla* se presentan en fascículos de 5, aglomerados en la extremidad de la ramilla; miden de 8 a 13 cm. a veces hasta 15, muy finas y delgadas; de color verde grisáceo, a veces con tinte amarillento de bordes aserrados, con dientecillos muy pequeños y juntos. Tienen dos haces vasculares bien distintos; las paredes de las células del endodermo son engrosadas en su parte exterior y los canales resiníferos son de 1 a 4, más comúnmente

2 con uno interno ocasionalmente; hipodermo poco irregular y consta de 2 o 3 hileras de células desiguales irregularmente colocadas. Las vainas miden unos 15 mm y hasta 20 en las hojas muy jóvenes, y son de color naranjado claro y pronto caedizas. Yemas ovoides, de color amarillo pálido (Martínez, 1948).



Figura 8. Estructura morfológica de un árbol de *P. leiophylla*.

Los conillos son subglobulosos, pedunculados, de color rosado algo violáceo cuando son jóvenes y moreno oscuro después con escamas delgadas provistas de espinitas erguidas dirigidas hacia el ápice. Los conos son ovoides, frecuentemente algo puntiagudos, ligeramente asimétricos y más o menos reflejados, de 4 (rara vez menos) a 6 cm de largo a veces 7 y muy excepcionalmente 8. Son persistentes durante mucho tiempo y se presentan comúnmente por pares, a veces solitarios o en grupos de 3, pero en ocasiones hasta de 6 o 7 en pedúnculos de 5 a 15 mm. Su color al principio es verde amarillento y después moreno con tinte olivo, tornándose al fin cenicientos. Se abren parcialmente en diferentes épocas.

Las escamas son engrosadas en el ápice, con la apófisis aplanada o ligeramente saliente. Frecuentemente se notan umbos dobles y llevan en el centro una pequeña espinita cenicienta, extendida o dirigida hacia el ápice y casi siempre caediza (Martínez, 1948). La semilla es triangular, ligeramente redondeada, de unos 4 mm; con ala de 12 mm, amarillenta, con estrías oscuras como se pudo observar en la Figura 9. Es árbol productor de abundante resina y muy prolífico, haciéndose este carácter muy patente por la larga y tenaz persistencia de los conos, los cuales tardan 3 años en madurar. Comúnmente se denomina “pino chino o pino prieto”. La madera es pesada, resinosa, de color pálido o algo amarillento o naranjado, de mediana calidad y susceptible de buen pulimento. Se usa para construcciones y duelas (Aldrete & López-Upton, 1993).



Figura 9. Principales características del estróbilo, hojas, semillas y madera en la identificación botánica de *P. leiophylla*.

4.6.3. Distribución de *Pinus leiophylla* Schl. & Cham en México y USA.

Su zona de distribución comprende los estados de Chihuahua, Zacatecas, Durango, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Estado de México, Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, Morelos, Veracruz y Oaxaca véase en la Figura 10. Vive en terrenos secos y de clima templado, pocas veces se le ve en lugares subtropicales. Coordenadas geográficas de 30° a 16° Latitud Norte y de 95°30' a 109° Longitud Oeste, en agrupación vegetal de bosque de pino y pino-encino (Perry, 1991).

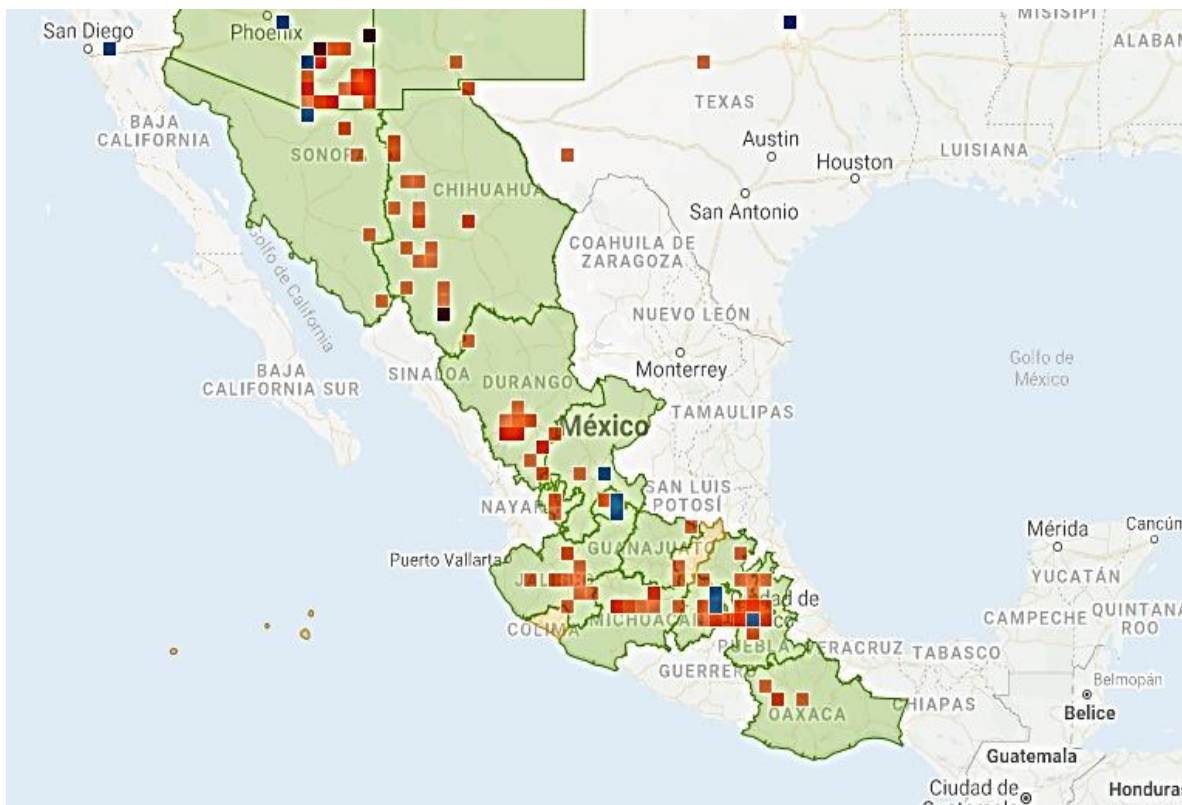


Figura 10. Distribución de *Pinus leiophylla* en México (naturalista).

4.7. *Pinus leiophylla* Schl. & Cham para aumentar la producción de resina mediante un programa de mejoramiento genético.

De los recursos genéticos forestales, se extraen gran variedad de materias primas para la producción de productos en el consumo nacional. Es importante aplicar un manejo forestal sustentable, ya que México representa el cuarto lugar en biodiversidad, distribuida en trece tipos de vegetación que sufren de la pérdida de cobertura (Mittermeir, Myers, Thomsen, & Fonseca, 1998).

En el mundo existen 110 especies del género *Pinus* de las cuales 54 son nativas de México (Perry, 1991). CAMCORE y el USDA-FS son instituciones internacionales que han publicado estudios sobre variación inter específicas de especies mexicanas (Dvorak, Potter, Hipkins, & Hodge, 2009). En México hay proyectos encaminados a determinar la diversidad genética de especies forestales, los cuales han sido desarrollados por instituciones de educación e investigación del país apoyados por CONACYT y CONABIO (FAO, 2011).

4.7.1 Importancia ecológica de la selección de árboles potencialmente resineros en Michoacán.

En México 39 de 69 especies del género *Pinus* sujetas a mejoramiento genético son utilizadas para la producción de madera aserrada, de las cuales el 6 % son usadas para la extracción de resina de pino y solamente existe un huerto semillero sexual activo de la especie de *Pinus leiophylla* (FAO, 2011).

Pinus leiophylla tiene un gran valor ecológico debido a que recupera suelos degradados, evita la erosión, captan agua para los acuíferos, fijan el bióxido de carbono de la atmósfera transformándolo en oxígeno, es ideal para realizar plantaciones con fines de aprovechamiento resinero por su capacidad de sobrevivir y crecer en zonas con escasas de humedad (Martínez-Trinidad, *et al.*, 2002).

Es muy difícil encontrar rodales puros de *Pinus leiophylla*, es común verlo en poblaciones aisladas de baja densidad. Un factor limitante es la escasa disponibilidad de semilla de calidad, además la producción de semilla se ve restringida a los periodos de colecta en bosques naturales (Perry, 1991).

La selección de árboles potencialmente resineros ofrece genes que influyen de manera positiva en características deseables para su producción. Estableciendo huertos semilleros aumenta la cantidad y calidad en la producción de resina de pino, generando mejores individuos para este fin y mejor adaptados a plagas y enfermedades de los ecosistemas forestales en el estado de Michoacán (White, Adams, & Neale, 2007).

4.7.2. Importancia cultural de la selección de árboles potencialmente resineros en Michoacán.

El cambio de uso de suelo a provocado la disminución de cobertura forestal poniendo en riesgo la desaparición de especies forestales en el estado de Michoacán, al seleccionar árboles se pueden conservar individuos sobresalientes, los cuales pueden ser importantes en la restauración de poblaciones naturales (Bocco, Mendoza, & Masera, 2001). La situación de la deforestación es grave, ya que las políticas de desarrollo rural han fomentado la sustitución de la cobertura vegetal “primaria” por otro tipo de coberturas de mayor producción a corto plazo “cultivos y pastizales inducidos”, pero de bajo rendimiento a mediano y largo plazo (Velásquez, 2002); por lo tanto, es necesario tomar medidas urgentes para controlar los diferentes factores que inciden en la destrucción de los recursos forestales.

Las comunidades indígenas de Michoacán tienen respeto por los recursos naturales, tal es el caso de Patamban, donde se preocupan por el cuidado de sus bosques. Pero el desconocimiento de la cantidad de resina que se obtiene en los pinares de México, ha dado lugar a aprovechamientos clandestinos y excedentes de producción.

Gutiérrez , Rodríguez , & Villegas, (1979) realizaron experimentos en ciertas áreas del estado de Michoacán sugiriendo que el aprovechamiento de resina no rebase los 2.5 kilogramos respetados en la (NORMA OFICIAL MEXICANA 026 , 2005). Sin embargo, no realizaron pruebas de progenie, selección de árboles plus, ni se separó la producción de resina por especie de pino, solo resultados de una media por especie y la media de sitio para cuatro regiones de Michoacán, por lo que es necesario retomar esta investigación. Se debe tomar en cuenta la ética como el principal factor cultural, además de la situación de las comunidades y ejidos.

4.7.3. Importancia socioeconómica de la selección de árboles potencialmente resineros en Michoacán.

La selección de árboles altamente productores de resina permite aumentar la producción primaria para el sector industrial. Al abastecer la industria resinera se obtendrán ingresos, que permiten generar prosperidad a los comuneros y ejidatarios de Michoacán, evitando la

migración, mejorando la calidad de vida de quienes se dedican a esta noble labor y de la sociedad en general (López, 2017).

4.8. Manejo forestal sustentable de los recursos forestales no maderables (resina de pino) en Michoacán, México.

Por la diversidad de los recursos forestales en México, es difícil determinar una perspectiva de manejo para lograr un aprovechamiento adecuado, lo cual se debe realizar mediante esquemas adaptadas a las prácticas por cada área o condiciones particulares, partiendo desde un mecanismo para innovar y mejorar las técnicas que se pueda usar para conservar las áreas forestales (Peláez, 2012).

El manejo forestal en México surge a partir de la implementación de esquemas para la ordenación de los recursos naturales que tiene como principal criterio el rendimiento de forma sostenida, es decir, obtener masas arboladas estables con la finalidad de mantener la posibilidad de suministrar madera de forma permanente, así como optimizar los procesos de producción requeridos por la sociedad y el mercado nacional e internacional (Aguirre, 2015).

La perspectiva en los bosques es un manejo que permita conservar su diversidad biológica, productividad, capacidad de regeneración, vitalidad, además de las funciones socioeconómicas y ecológicas desde una escala local, nacional e internacional sin afectar a otros ecosistemas la provisión de bienes y servicios para futuras generaciones (Aguirre, 2015).

No solo se puede incluir los aspectos técnicos y prácticas silvícolas, también las normas y leyes que regulan el manejo forestal mediante prácticas de conservación y restauración cuando han sufrido procesos de degradación (Gavito, 2017).

La investigación permite mejorar el desempeño de las actividades de planeación, seguimiento y monitoreo en las gestiones, bajo la responsabilidad de los encargados del manejo forestal (Aguirre, 2015).

La implementación de bases científicas en el manejo forestal permitirá pronósticos numéricos y representaciones gráficas que permitan mejorar las decisiones de organización de los recursos del bosque de manera sustentable mediante modelos, realizando modificaciones de acuerdo a los efectos de las cortas en la masa forestal y el cálculo de la posibilidad de resina de pino (Von Gadow, Sánchez Orios, & Aguirre Calderón, 2004).

Para llevar a cabo un buen manejo forestal de resina de pino, es necesario realizar un programa de manejo simplificado del predio, un estudio técnico para su aprovechamiento sustentable y presentar un aviso ante la SEMARNAT para su autorización mediante una bitácora con un número de clave que permita conocer su procedencia legal (DOF, 2018).

El manejo forestal sustentable tiene como objetivo promover el aprovechamiento de resina de pino en los Bienes Comunales de Patamban mediante la concientización, la importancia y los beneficios de esta actividad visto desde un panorama social, económico y ambiental, para aumentar la producción como materia prima natural y renovable, creando nuevas oportunidades de empleo (Cano Capri, 1988).

4.8.1. Generalidades del estudio técnico para el aprovechamiento de resina de pino.

El estudio técnico de aprovechamiento de resina de pino debe presentar en su contenido: la denominación, ubicación y colindancias del predio, sus características físicas, biológicas y ecológicas, el cálculo de existencias reales, el cálculo de la intensidad de aprovechamiento, el cálculo de la regeneración, la madurez de cosecha, las técnicas de aprovechamiento adecuadas, labores de fomento con prácticas que garanticen la permanencia del recurso tomando en cuenta las medidas de mitigación de los impactos ambientales y datos de inscripción ante el registro forestal nacional. Debe de presentarse un concentrado de actividades para el aprovechamiento legal de resina de pino que permita conocer los trabajos que se deben realizar cada mes, siendo supervisados al final del año y verificando que se cumpla con el programa de manejo simplificado en el aprovechamiento adecuado de los recursos y cumplir con las remisiones correspondientes. Para obtener los beneficios de apoyo que brinda la Comisión Nacional Forestal cumpliendo con los lineamientos de la Procuraduría federal de protección al ambiente, y obtener el formato de acreditación sellado

por parte de la secretaría de medio ambiente y recursos naturales (SEMARNAT, NORMA OFICIAL MEXICANA 026 , 2005), ver Tabla 3.

Tabla 3. Labores a seguir para un manejo forestal de resina de pino ante SEMARNAT.

Actividad/Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Retirar la corteza del pino (Desroñe)	x											
Apertura de cara	x											
Instalación de visera y cacharro	x											
Picas o rebanas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Colecta y transporte	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Descostrado												x
Mantenimiento de brechas cortafuego												x
Deshierbe o Chaponeo en las áreas de producción											x	x
Informe anual (Formato de acreditación)												x
Vigilancia	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Conforme avance el aprovechamiento de los recursos del bosque, el manejo forestal seguirá existiendo, adaptándose a los requerimientos dispuestos por el ser humano y del mismo recurso natural. Por ello, para obtener un manejo forestal adaptativo es indispensable contar con personal capaz de desempeñarse dentro de los rubros sociales, económicos y ecológicos posibilitando una adecuada organización, interacción y óptima gestión financiera mediante programas de manejo avanzados o simplificados según corresponda (López, 2017).

4.8.2. Aspectos a considerar en el manejo sustentable de la resina de pino.

El aprovechamiento de la resina de pino sustituye importaciones y ahorra divisas ya que es el producto forestal no maderable más importante de los más de mil que se conocen en México. La resina de pino es un producto natural que se utiliza en decenas de industrias nacionales y mundiales (Cunningham, 2009).

El método de extracción Hughes no perjudica al bosque, no mata el árbol, lo que promueve la regeneración natural. El estado de Michoacán cuenta con las mejores especies resineras, que proporcionan un ingreso adicional a miles de familias rurales que viven en el bosque (Romanh de la vega, 1992).

El costo del estudio técnico para el aprovechamiento por 5 años es de \$20,000; los servicios técnicos se cobran a \$ 80 por tonelada y el trámite de documentación se cobra \$800 anuales (López, 2017). La Figura 11 muestra trabajadores en la comunidad indígena de Patamban, realizando actividades de manejo forestal sustentable; mantenimiento de brechas corta fuego, chaponeo en las áreas de producción y picas en las caras del arbolado por el método Hughes.



Figura 11. Brigada realizando actividades en el manejo sustentable para el aprovechamiento de resina de pino.

4.9. Plantaciones forestales comerciales resineras en el mundo.

China, Brasil, Indonesia y México son los principales productores (Cunningham, 2009).

China tiene su mayor producción de resina de pino en plantaciones forestales comerciales establecidas en las provincias de Guangxi, Yunnan y Guangdong. Sus especies con mayor producción de resina son *P. massoniana*, *P. yunnanensis* y *P. simao kesiya*. La densidad de plantación es de 700 árboles por hectárea (Yu, Bai, Xu, & Chai, 1999).

Véase en la Figura 12 el método de resinación que utiliza China llamado método de cola de pescado, que consiste formar una estría en forma de V, es cortada diariamente sin aplicación de estimulante químico. La primera estría es cortada a una altura aproximadamente de 1.20 m desde el suelo y las siguientes en forma descendente produciendo 2 kg por cara año, con una cara por árbol (Ruifen, 2005).



Figura 12. Plantación forestal comercial resinera en Yunnan, China.

Brasil tiene su mayor producción de resina de pino en plantaciones forestales comerciales establecidas en los estados de São Paulo, Rio Grande do Sul, Minas Gerais y Paraná. Sus especies con mayor producción de resina son *P. elliottii*, *P. tropicales* y *P. oocarpa*. El método de resinación que utilizan es el Sistema Americano que consiste en realizar una estría horizontal es cortada cada 15 a 18 días con aplicación de pasta estimulante (formulada básicamente con 18 a 24% de H_2SO_4). Las estrías son cortadas en forma ascendente, cortando la primera a 20 cm del suelo y removiendo sólo corteza y floema. La cara resinada cubre 1/3 de la circunferencia del fuste (Cunningham, 2009). Ver Figura 13.



Figura 13. Plantación forestal comercial resinera en São Paulo, Brasil.

Indonesia tiene plantaciones forestales comerciales resineras en Lombosang y Suwalesi. Aprovechan la resina de la especie de *P. merkusii* con el método de resinación llamado sistema Mazek con dos caras instaladas por árbol con una estimulación de aerosol $H_2SO_4 + HCl$. La Facultad Forestal de la Universidad de Gajah Mada, ha establecido programas de investigación en el área de multiplicación de ejemplares de *P. merkusii* de alto rendimiento a través de ensayos de progenie, huertos y producción de plantaciones (Cunningham, 2009).

Véase en la Figura 14 que en México se realizaron las primeras plantaciones forestales comerciales en la comunidad indígena de Cherán, Michoacán con las especies de *P. oocarpa*, *P. leiophylla*, *P. lawsonii* y *P. teocote*, utilizando el método francés de resinación Hugues a vida de una a cuatro caras por árbol, sin estimulantes químicos, realizando el rebane cada 15 días (SEMARNAT, 2016).



Figura 14. Inicio de plantaciones forestales comerciales resineras en Michoacán, México.

En México la demanda de la industria resinera sigue en aumento, para abastecer el mercado es necesario el establecimiento de plantaciones forestales comerciales resineras que brinden materia prima al sector industrial. Falta realizar pruebas de progenie, ensayos en la selección de árboles plus y plantaciones con mejores progenitores con alto potencial en producción de resina (UNR, 2019). Por lo anterior, es necesario crear procesos en el sector forestal de los productos no maderables implementando estudios que permitan adaptarse a las problemáticas vigentes y evolucionar en la forma de manejar los recursos naturales que nos provee el bosque de manera sustentable.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización del área de estudio.

El estudio se realiza en la Comunidad Indígena de Patamban, municipio de Tangancícuaro, Michoacán, cuenta con una superficie de 10,993 hectáreas (DOF, 2008). Posee suelo Chernozem y de montaña con uso ganadero, agrícola y forestal. Ecosistemas de bosque de pino-oyamel, bosque pino-encino, aile y fresno.

En los recorridos de las vistas a campo de registraron datos de los 100 árboles de la especie *Pinus leiophylla* en la comunidad indígena de Patamban, Tangancícuaro, Michoacán, donde se anotó el número del árbol, el paraje y el nombre del propietario, la exposición, pendiente, altitud, latitud, longitud, diámetro normal, altura y edad para establecer una base de datos.

Se ubica a una altitud de 1740 m, con las coordenadas geográficas: Latitud N 19° 53' 45.80'', Longitud W 102° 12' 51.20'' (INEGI, 2019). Véase en la Figura 15.

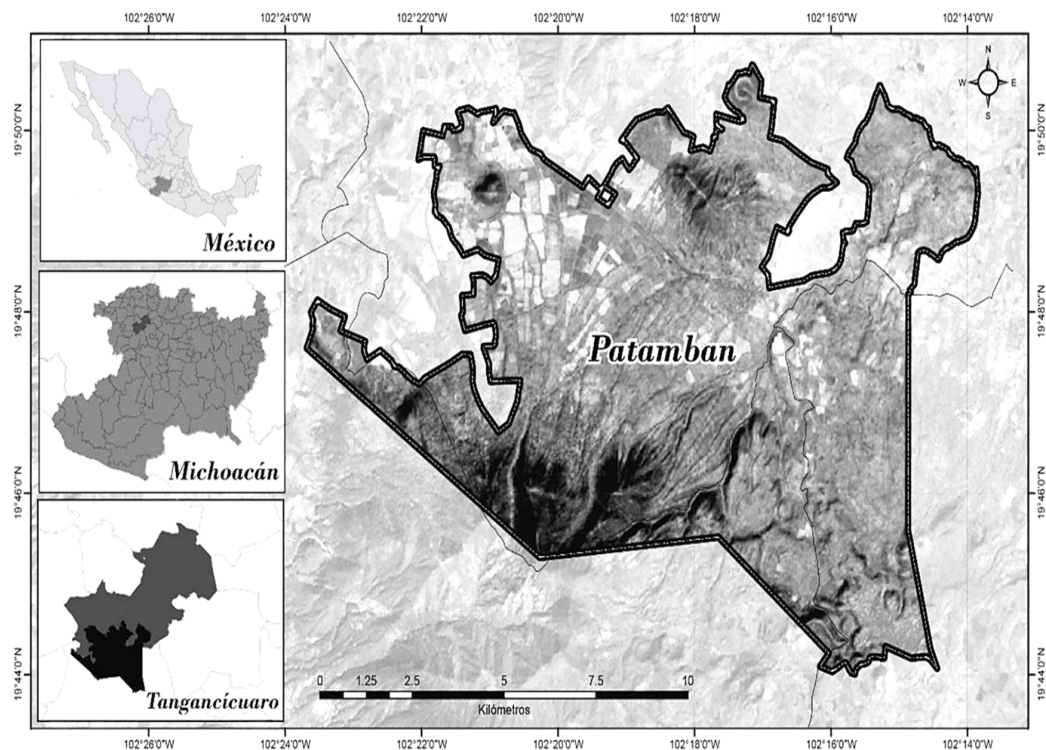


Figura 15. Área de estudio C.I. Patambán, municipio de Tangancícuaro, Michoacán (INEGI, 2019).

5.2 Selección de árboles altamente productores de resina

Para el presente estudio se seleccionaron 100 árboles de *Pinus leiophylla* con antecedentes de alta producción de resina, buena fenología, sin plagas ni enfermedades y con competencia completa. Lo anterior por recomendación de los comuneros de Patamban, Michoacán ver Figura 16.

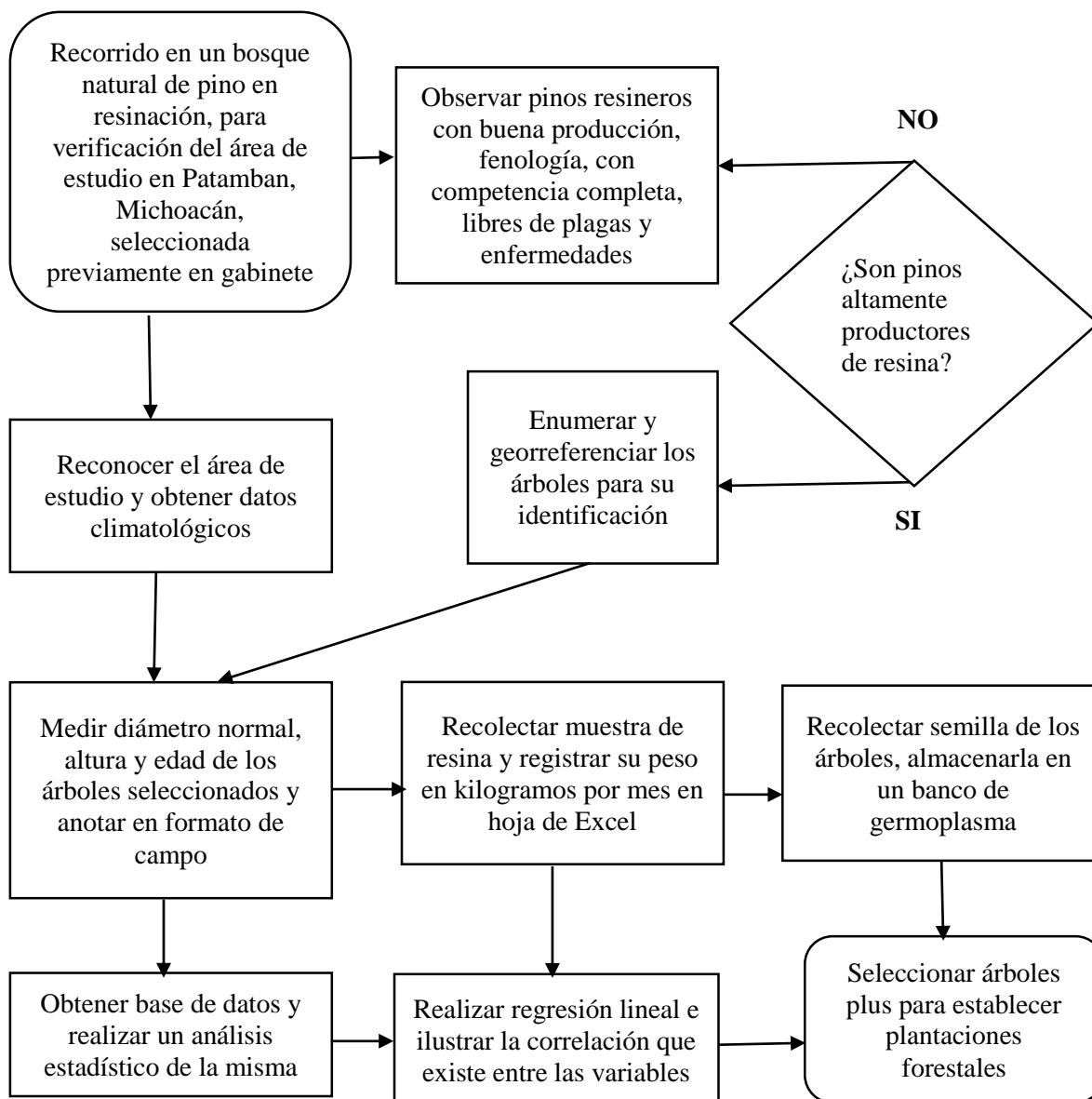


Figura 16. Diagrama de flujo para la metodología en la selección de *Pinus leiophylla* schl & cham altamente productores de resina en Michoacán, México.

Se recolectaron muestras de resina cada 15 días, por cara de árboles plus por sus antecedentes sobresalientes en producción de resina.

Esta cantidad se determinó para evitar endogamia ubicando árboles altamente productores a una distancia mayor a 200 m entre ellos, además de cumplir con las recomendaciones de Flores, para obtener el número de árboles de una región.

Se enumeraron, se marcaron los árboles con pintura en aerosol y se georreferenciaron en el GPS para su ubicación e identificación (Flores, 2011). Véase Figura 17.



Figura 17. Proceso de selección de árboles altamente productores de resina: a) Identificación de árbol superior. b) Marcaje de un árbol superior. c) Georreferenciación de árboles superiores.

5.3 Recolección de muestras de resina por el método francés.

Se tomaron datos de la producción de resina por cara, partiendo que un árbol a partir de 25 cm de diámetro normal produce 2.5 kg por cara/año (SEMARNAT, 2005). Los materiales utilizados fueron hacha plana, espátula, media luna, viseras, mazo de madera, hacha gubia, cacharro de 1 litro, pintura en aerosol rojo, clavos y tambos (UNR, 2019). Ver Figura 18.



Figura 18. Material para llevar a cabo la resinación y recolección de muestras.

La resinación se llevó a cabo transcurridos 8 días de haberse hecho la instalación, el avance hacia arriba de la pica no debió ser mayor de un centímetro, el avance de la cara por año no debió exceder de 50 cm, el avance de las picas fue vertical, ya que es la que siguen los escurrimientos de resina en el alza de la instalación (SEMARNAT, 2005).

En la Figura 19 se puede apreciar que para la colecta de resina de pino se realizó un proceso de instalación que consiste en: a) un raspado de la corteza (desroñe), que radica en retirar lo áspero de la corteza externa del árbol, b) un desfrente mediante un espejeo en la parte más baja y al centro del rectángulo desroñado sin exceder los 15 cm en cuadro, c) se coloca adecuadamente la visera, cacharro y clavo para recibir la resina que se obtendrá como resultado de las picas, d) se realizó al cabo de un año de trabajo, cuando la cara hubo alcanzado una altura de 50 cm y se recolectaron las muestras de resina en envases sellados cada 15 días (SEMARNAT, 2005).



Figura 19. Resinación por el método francés: a) desroñe, b) pica o rebane, c) engrapado, d) recolección.

Entre una cara de resinación y la siguiente debe quedar un espacio del árbol sin tocar; a este espacio se le llama entre cara y debe de tener un ancho mínimo de 10 cm, ver Tablas 4 y 5.

Tabla 4. Dimensiones para la apertura de caras (NOM-026-SEMARNAT, 2005).

Variable	Dimensión establecida
Ancho de cara viva	10 cm
Ancho de entre cara	10 cm
Largo de cara viva	50 cm anuales
Profundidad de cara	2 cm
Profundidad de apertura de cara	3 cm
Número de caras vivas	De acuerdo con el diámetro del árbol

Tabla 5. Número máximo de caras instaladas por árbol (NOM-026-SEMARNAT, 2005).

Diámetro (cm)	Número máximo de caras vivas por árbol
25-32.5	1
32.6-42.5	2
42.6-52.5	3
52.6 y mayores	4

5.4 Variables de estudio.

Para la presente investigación se tomaron las medidas dasométricas: diámetro normal, altura, edad, datos climatológicos y peso de la resina recolectada de los árboles seleccionados. Estas variables son utilizadas para interpretar que correlación tienen con la producción de resina, mejorando el manejo del recurso y trascender de manera sustentable (Romahn de la vega & Ramirez, 2010).

5.4.1 Medición del diámetro normal.

La medición del diámetro del fuste de los 100 árboles resineros seleccionados se tomó a la altura de 1.30 m a partir del suelo de manera directa utilizando una forcípula, anotando el dato en un formato de campo (Elzinga, 2005). En terrenos con pendiente la medida fue tomada por la parte de arriba de la pendiente. Véase en la Figura 20.

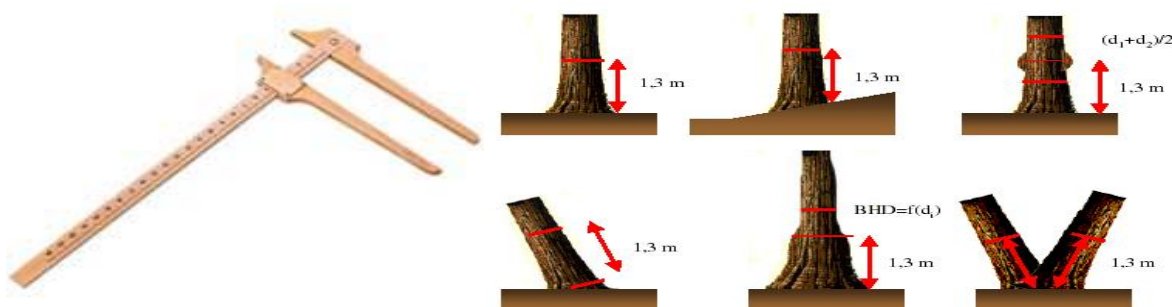


Figura 20. Izquierda: Forcípula, Derecha: medición de diámetro normal de acuerdo al fuste y la pendiente (Elzinga, 2005).

5.4.2 Medición de altura.

Se tomaron las medidas de altura con un clinómetro Suunto a los 100 árboles seleccionados, este aparato está diseñado para medir alturas de árboles. Consiste en una caja metálica que tiene en su interior un disco móvil suspendido con un eje central, con un orificio por el que

se puede observar la periferia del disco fraccionado en grados en la escala izquierda y en por ciento en la escala derecha. Para tomar la medición se acerca el orificio de la caja al ojo derecho y con el izquierdo se visa la punta y la base del árbol (Romahn de la vega & Ramirez, 2010). Véase Figura 21.

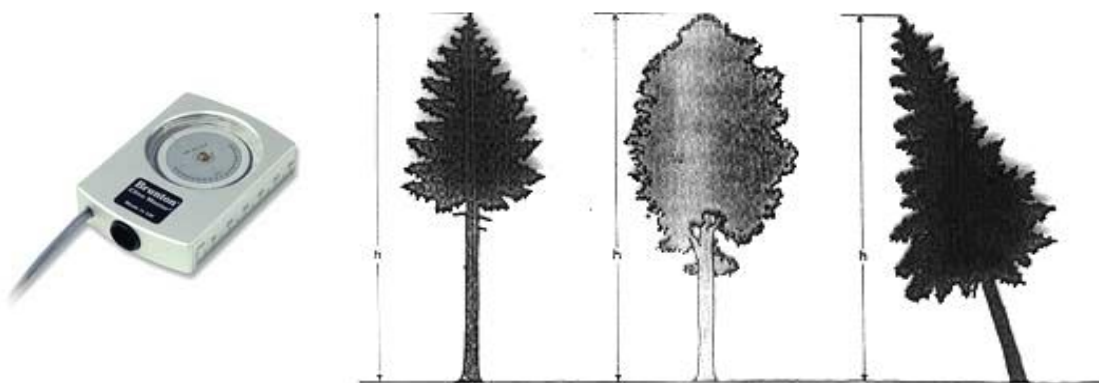


Figura 21. Izquierda: Clinómetro suunto, Derecha: medición de altura de acuerdo con la pendiente (Romahn de la vega & Ramirez, 2010).

5.4.3 Medición de edad.

Extraer una muestra testigo para cada uno de los 100 árboles mediante un barreno de Pressler a 1.30 m y contar los anillos de la viruta de 5 milímetros de diámetro y más de 10 cm de largo. Se determinó una estimación de la edad y sello el orificio del árbol con las técnicas que señala (Gutiérrez & Ricker, 2014) en el manual para tomar virutas de madera con el barreno de Pressler en el Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Véase Figura 22.

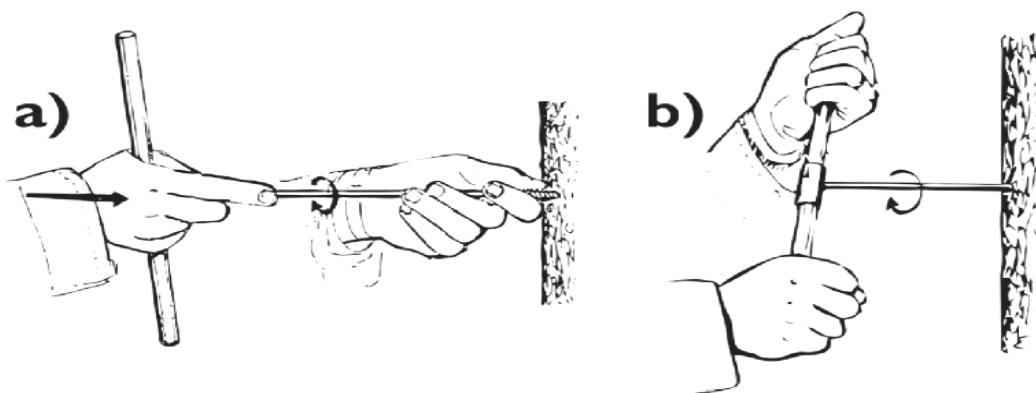


Figura 22. a) Insertado de barreno ejerciendo presión y girando en dirección de las manecillas del reloj, b) girado de barreno en dirección de las manecillas del reloj (Jozsa, 1988).

5.4.4 Datos climatológicos del área de estudio.

Además de tomar medidas a los árboles, es necesario conocer los datos climatológicos del área de estudio para interpretar la relación que tiene el clima en la producción de resina, mediante datos cuantificables de evapotranspiración potencial y precipitación pluvial tomados de la estación climatológica 00016251 Patamban, Michoacán del área de estudio Ver Tablas 6 y 7. El clima de Patamban Michoacán es templado con lluvias en verano, precipitación pluvial anual de 800 milímetros y temperaturas que oscilan entre 8 a 35° centígrados. (CONAGUA, 2020).

Tabla 6. Antecedentes de Evapotranspiración Potencial (mm) en Patamban, Michoacán.

EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (mm)													
Año/mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Acumulado
2014	72.05	117.06	157.51	197.11	141.58	114.99	106.99	79.55	88.07	87.6	74.2	76.76	1313.47
2015	80.9	85.4	95.75	158.12	128.94	83.32	74.58	92.56	68.72	88.63	66.25	79.05	1102.22
2016	65.23	103.59	116.05	195.15	169.93	88	75.22	86.73	94.89	120.57	101.9	80.6	1297.86
2017	82.46	129.64	133.27	146.29	142	138.75	101.27	90.15	103.84	105.33	103.96	90.62	1367.58
2018	90.4	91.7	138.43	119.7	162.42	96.73	112.42	94.7	69.05	86.35	109.9	81.46	1253.26
2019	93.76	99.68	180.8	220.25	183.42	140.7	107.29	108.44	106.83	111.24	105.25	82.6	1540.26

Tabla 7. Antecedentes de precipitación pluvial (mm) en Patamban, Michoacán.

PRECIPITACIÓN PLUVIAL (mm)													
Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Acumulado
2014	0	0	0	0	21	33	29	49	18	20	2.6	0	172.6
2015	0	9	35	4.5	21	33	29	18	24	21	0	0	194.5
2016	11	0	18	0	7	48	24	31	29	5	2	0	175
2017	4	2	2	0	7	20	30	24	26	30	0	0	145
2018	15	20	9	0	16	27	58	23	29	48	35	0	280
2019	10	0	0	0	0	13	41	37	29	36	32	0	198

Debido a que el clima ha influido en el cambio de los bosques en el mundo, las Tablas 6 y 7 son utilizadas como base de datos para la creación de una curva de crecimiento, que permita

observar el comportamiento del clima y pronosticar sucesos naturales en el área de estudio (FAO, 2016).

5.4.5 Peso de la resina de pino.

Cada 15 días se estuvo recolectando resina de pino por el método francés, se tomó registro en campo, se transportó y se llevándose a un centro de almacenamiento donde se tomó su peso y se anotó el dato en kilogramos en una hoja de Excel, desde el mes de noviembre de 2019 hasta octubre de 2020.

Cada mes representa la producción de cada uno de los 100 árboles seleccionados (López, 2018). Véase Figura 23.



Figura 23. Procedimiento para obtener producción de resina: a) cosecha de resina de los 100 árboles marcados en campo, b) almacenamiento de las muestras en cajas, c) pesaje de las muestras con una báscula digital.

5.5 Recolección de muestras de semilla.

En diciembre del año 2020, se recolecto semilla de los 100 árboles seleccionados como altamente productores de resina, fueron escalados con equipo apropiado usando ganchos afilados.

Se determinó el peso de 1000 semillas y las semillas colectadas se almacenaron en un cuarto frio a una temperatura de 2°C en envases herméticos en ambiente seco (Flores C. F., 2014). Véase Figura 24.



Figura 24. Procedimiento para la conservación de germoplasma: a) recolección de semilla de los 100 árboles marcados, b) Análisis y registro en laboratorio, c) almacenamiento en cuarto frío.

5.6 Análisis estadístico.

Los datos obtenidos en campo para las variables de diámetro, altura y edad del área de estudio, son ordenados en una hoja de EXCEL y sometidos a su análisis de varianza (ANOVA) utilizando el programa estadístico STATISTICA 10 y se aplicó una comparación múltiple de medias a través de la prueba Tukey ($\alpha=0.05$) (Kuehl, 2001). Se implementó la regresión lineal simple, adaptando las consideraciones establecidas en el manual técnico para el establecimiento de ensayos de procedencias, para interpretar la relación que existe entre dos variables en diagramas de dispersión, donde se puede expresar si la correlación lineal que existe es alta, baja, o no hay correlación, mejorando en la toma de decisiones con los datos observados (Flores C. F., 2014). Se generan gráficos que ilustran los resultados de la Tabla 9 sobre producción de resina con relación a las variables de diámetro, altura y edad de la Tabla 8, para saber si existe correlación entre las variables medidas con la selección árboles altamente productores de resina de la especie *Pinus leiophylla* en la comunidad indígena de Patamban, Michoacán, México (Kuehl, 2001). La relación entre las variables se consiguió mediante la correlación de Pearson (Steel, Torrie, & Dickey, 1997) con el procedimiento CORR. Además, se sometieron a un análisis de regresión lineal por pares de variables una en contra de la otra, aquellas que mostraron una significancia de $p \leq 0.05$ se supusieron como variables autocorrelacionadas, después se seleccionó una variable y se eliminaron las otras con las que se relacionaba. El ingeniero forestal, desea a menudo determinar las ecuaciones que mejor se ajusten a expresar la relación entre valores de las variables (Romahn de la vega & Ramirez, 2010).

6 RESULTADOS

6.1. Selección de árboles

6.1.1. Ubicación geográfica, la medición de las variables: registradas en campo de los 100 *Pinus leiophylla* altamente productores de resina.

Se obtuvieron los resultados del recorrido de campo en la comunidad indígena de Patamban. Resultando seleccionados árboles que van de 30 cm a 85 cm de diámetro normal; con un promedio de 55 cm y una desviación estándar de ± 11.06 .

Así mismo la altura de los árboles, registrando alturas de entre los 10 m y los 29 m; con un promedio de 19 m y una desviación estándar de ± 4.09 .

Con respecto a la edad se encontraron y registraron árboles de entre los 25 y los 105 años; con un promedio de 48 años y una desviación estándar de ± 14.5 . Véase Tabla 8.

Tabla 8. Base de datos obtenida en campo, para la selección de *Pinus leiophylla* en la comunidad indígena de Patamban, Tangancícuaro, Michoacán.

Número de árbol	Exposición	Pendiente	Altitud (msnm)	Coordenadas geográficas		Diámetro normal (cm)	Altura (m)	Edad (años)
				Latitud	Longitud			
1	Noreste	47°	2247	19° 49' 01.6"	102° 18' 56.5"	60	17	77
2	Noreste	18°	2284	19° 49' 02.9"	102° 18' 57.4"	45	19	39
3	Este	35°	2288	19° 49' 06.6"	102° 18' 57.2"	40	19	35
4	Oeste	40°	2290	19° 49' 07.7"	102° 18' 56.2"	55	25	64
5	Suroeste	2°	2447	19° 49' 45.2"	102° 18' 11.2"	50	19.5	47
6	Oeste	9°	2449	19° 49' 42.9"	102° 18' 12.6"	65	20.5	30
7	Oeste	4°	2446	19° 49' 43.2"	102° 18' 14.7"	50	18	39
8	Oeste	40°	2443	19° 49' 41.0"	102° 18' 17.4"	60	20.5	34
9	Oeste	15°	2452	19° 49' 36.0"	102° 18' 20.1"	65	36	55
10	Oeste	6°	2421	19° 49' 07.7"	102° 18' 56.2"	60	17	37
11	Oeste	11°	2420	19° 49' 46.3"	102° 19' 47.3"	80	18	41
12	Oeste	9°	2432	19° 49' 07.7"	102° 18' 56.2"	70	17	46
13	Noreste	26°	2224	19° 48' 22.1"	102° 18' 13.1"	60	18	35
14	Este	10°	2241	19° 48' 22.2"	102° 18' 15.9"	50	14	42
15	Sureste	40°	2255	19° 48' 16.9"	102° 18' 24.9"	60	19	66
16	Sureste	15°	2260	19° 48' 14.8"	102° 18' 28.5"	60	20	30
17	Noreste	2°	2257	19° 48' 25.4"	102° 18' 27.8"	60	18	45
18	Sur	3°	2295	19° 49' 08.4"	102° 18' 47.8"	45	22	53

19	Sur	5°	2278	19° 48' 55.5"	102° 18' 42.8"	60	20	47
20	Sur	3°	2279	19° 48' 56.1"	102° 18' 45.7"	50	19	48
21	Norte	30°	2274	19° 48' 54.3"	102° 18' 46.2"	55	20	38
22	Norte	2°	2306	19° 48' 27.3"	102° 18' 54.5"	70	16	32
23	Norte	4°	2329	19° 48' 27.1"	102° 19' 11.0"	60	18	53
24	Norte	3°	2314	19° 48' 29.7"	102° 19' 02.0"	75	18	39
25	Sur	9°	2198	19° 48' 25.8"	102° 18' 37.9"	65	12	34
26	Norte	50°	2252	19° 48' 27.1"	102° 18' 26.9"	55	21	44
27	Norte	5°	2450	19° 47' 49.4"	102° 19' 46.6"	55	21	40
28	Norte	20°	2357	19° 47' 16.8"	102° 19' 09.3"	60	17	38
29	Noreste	20°	2405	19° 47' 71.1"	102° 19' 26.8"	45	18	40
30	Noreste	33°	2305	19° 46' 43.6 "	102° 17' 38.3 "	65	29	63
31	Noroeste	35°	2276	19° 46' 50.2"	102° 17' 30.8"	45	22	45
32	Norte	10°	2255	19° 46' 55.5"	102° 17' 21.6"	55	15	50
33	Norte	10°	2261	19° 46' 27.8 "	102° 17' 47.5"	50	25.5	52
34	Norte	10°	2399	19° 46' 27.5"	102° 17' 48.3"	50	31	74
35	Noreste	30°	2384	19° 46' 24.9"	102° 17' 46.2"	50	25	85
36	Norte	5°	2398	19° 46' 26.9 "	102° 17' 46"	60	24	59
37	Norte	3°	2341	19° 46' 33"	102° 17' 37.7"	40	20	53
38	Norte	5°	2179	19° 46' 31.3"	102° 17' 01.5"	45	14	44
39	Oeste	16°	2339	19° 46' 34.8 "	102° 17' 00.5 "	55	20	88
40	Noreste	12°	2329	19° 46' 31.8"	102° 16' 53.0"	55	18	49
41	Norte	3°	2188	19° 47' 16.6"	102° 17' 07.3"	55	21	45
42	Norte	6°	2241	19° 47' 18.6"	102° 18' 12.6"	50	18	30
43	Noroeste	6°	2358	19° 47' 16.0"	102° 18' 19.3"	50	16	44
44	Norte	12°	2386	19° 47' 10.9"	102° 18' 23.2"	50	20	37
45	Noroeste	6°	2140	19° 46' 57.0"	102° 17' 30.7 "	70	28	53
46	Norte	12°	2280	19° 46' 58.0 "	102° 17' 33.5 "	45	18	58
47	Norte	4°	2259	19° 47' 02.0"	102° 17' 31.0"	50	19	46
48	Norte	6°	2244	19° 47' 04.6 "	102° 17' 27.8"	55	20	47
49	Noroeste	12°	2297	19° 47' 02.7"	102° 17' 46.5"	50	18	105
50	Norte	10°	2313	19° 47' 00.1"	102° 17' 48.7"	40	13	33
51	Noroeste	8°	2326	19° 46' 57.0"	102° 19' 11.5"	35	13	40
52	Norte	2°	2094	19° 42' 32.9"	101° 11' 36.9"	45	10	38
53	Noroeste	12°	2181	19° 47' 31.0"	102° 17' 21.9"	55	19	62
54	Norte	2°	2382	19° 46' 16.8"	102° 17' 04.7"	40	14	40
55	Norte	2°	2382	19° 46' 16.9"	102° 17' 02.5"	30	15	31
56	Norte	6°	2354	19° 46' 28.5"	102° 16' 59.0"	60	17	44
57	Norte	6°	2354	19° 46' 23.8"	102° 17' 05.0"	55	18	53
58	Norte	2°	2391	19° 46' 19.7"	102° 17' 06.2"	45	13	28
59	Norte	6°	2005	19° 48' 05.8"	102° 16' 02.1"	85	24	64

60	Norte	6°	2077	19° 48' 00.9"	102° 16' 00.2"	40	23	53
61	Norte	6°	2070	19 ° 48 '00.2"	102 ° 15'58.9"	55	25	57
62	Norte	10°	2070	19 ° 47'58.9"	102 ° 15' 56.2"	45	21	62
63	Norte	1°	2062	19 ° 47'58.8"	102° 15' 54.8"	50	22	56
64	Norte	3°	2184	19° 47' 08.7"	102° 17' 10.0"	40	15	48
65	Este	1°	2195	19° 47' 08.2"	102° 17' 10.4"	65	20	79
66	Noreste	1°	2197	19° 47'06.7"	102° 17' 08.9"	65	21	58
67	Este	17°	2205	19° 47' 00.5"	102° 17' 11.2"	65	27	47
68	Norte	3°	2223	19° 46' 55.5"	102° 17' 16.7"	45	23	52
69	Norte	3°	2221	19° 46' 58.8"	102° 17' 17.7"	60	25	36
70	Norte	2°	2206	19° 47' 03.0"	102° 17' 14.5"	40	17	25
71	Noreste	2°	2151	19° 47' 06.3"	102° 17' 14.6"	80	21	50
72	Noreste	4°	2170	19° 47' 20.6"	102° 17' 18.3"	55	19	39
73	Noroeste	45°	2188	19° 47' 17.9"	102° 17' 21.5"	65	18	47
74	Noroeste	2°	2202	19° 47' 16.0"	102° 17' 26.0"	60	18	34
75	Noroeste	3°	2216	19° 47' 14.3"	102° 17' 31.3"	80	19	30
76	Noroeste	4°	2240	19° 47' 08.4"	102° 17' 32.4"	50	19	48
77	Noroeste	3°	2245	19° 47' 09.4"	102° 17' 35.0"	40	18	45
78	Noroeste	3°	2256	19° 47' 07.3"	102° 17' 36.1"	40	20	50
79	Noreste	3°	2254	19° 47' 04.4"	102° 17' 32.5"	70	25	57
80	Este	2°	2397	19° 47' 34.8"	102° 20' 10.1"	50	17	48
81	Norte	2°	2524	19° 47' 28.2"	102° 20' 09.9"	35	14	31
82	Norte	3°	2533	19° 47' 26.2"	102° 20' 08.3"	80	20	70
83	Norte	2°	2534	19° 47' 27.3"	102° 20' 06.7"	45	15	68
84	Norte	2°	2544	19° 47' 25.7"	102° 20' 04.3"	45	17	55
85	Norte	2°	2551	19° 47'23.2"	102° 20' 02.9"	50	20	45
86	Norte	3°	2548	19° 47' 22.3"	102° 19' 59.0"	55	23	52
87	Norte	4°	2555	19° 47' 19.4"	102° 19' 59.1"	45	14	29
88	Norte	4°	2560	19° 47' 18.1"	102° 20' 01.5"	75	20	55
89	Norte	4°	2545	19° 47' 16.3"	102° 19' 54.6"	50	14	25
90	Norte	4°	2533	19° 47' 14.8"	102° 19' 57.0"	50	18	73
91	Norte	5°	2556	19° 47' 22.6"	102° 20' 04.9"	50	18	43
92	Norte	6°	2549	19° 47' 23.0"	102° 20' 09.4"	40	16	55
93	Norte	12°	2544	19° 47' 24.9"	102° 20' 23.7"	50	16	47
94	Norte	8°	2568	19° 47' 21.3"	102° 20' 21.7"	50	18	44
95	Norte	10°	2572	19° 47' 20.0"	102° 20' 26.4"	50	24	68
96	Norte	8°	2584	19° 47' 16.5"	102° 20' 18.6"	50	17	29
97	Norte	8°	2573	19° 47' 19.1"	102° 20' 17.9"	55	21	40
98	Norte	8°	2565	19° 47' 22.3"	102° 20' 17.1"	50	18	64
99	Norte	6°	2573	19° 47' 19.2"	102° 20' 10.7"	65	24	67
100	Este	14°	2210	19° 48' 15.5"	102° 17' 50.6"	70	16	35

6.2 Medición de diámetro

La variable diámetro tiene relación en la producción de resina, el comportamiento del diámetro del fuste de los pinos resineros nos permite conocer el periodo de máxima producción mensual, véase Figura 25.

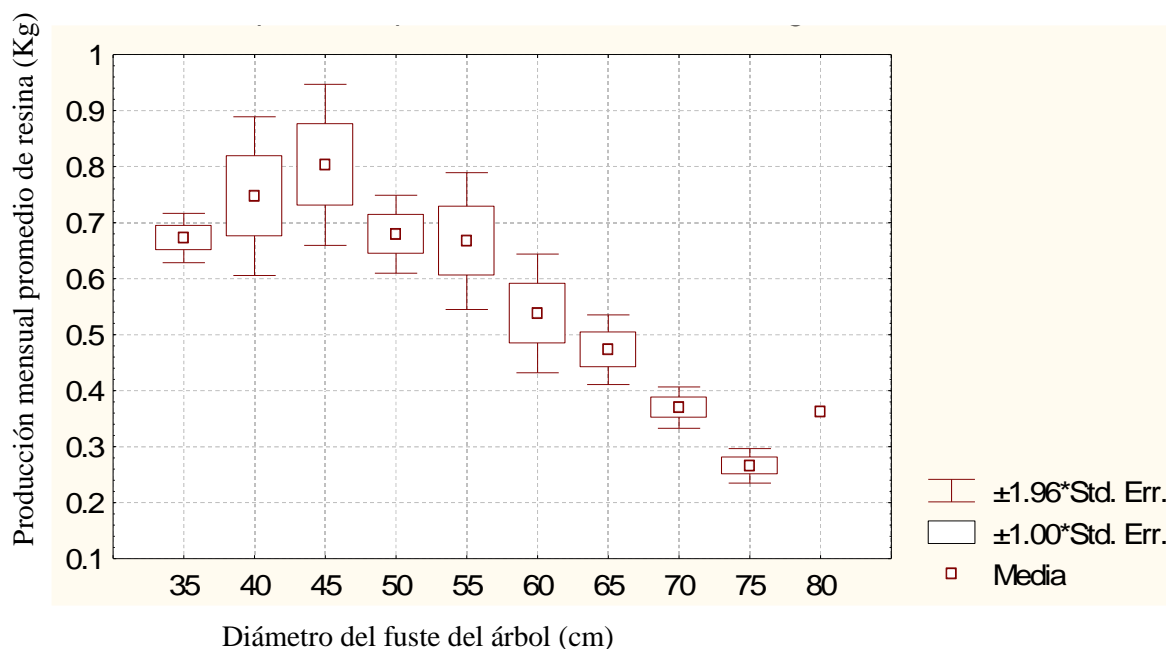


Figura 25. Comportamiento de la producción mensual de la resina dependiendo del diámetro del fuste.

La Figura 25, muestra la producción mensual de resina promedio de los árboles seleccionados en relación con el diámetro del fuste del árbol con su media y respectivo error estándar.

Véase que los árboles en la categoría diamétrica de 35 cm producen entre 0.600 y 0.700 Kg, los árboles en la categoría diamétrica de 40 cm producen entre 0.600 y 0.900 Kg, los árboles en la categoría diamétrica de 45 cm producen entre 0.700 y 1 Kg, los árboles en la categoría diamétrica de 50 cm producen entre 0.600 y 0.750 Kg, los árboles en la categoría diamétrica de 55 cm producen entre 0.550 y 0.800 Kg, los árboles en la categoría diamétrica de 60 cm producen entre 0.450 y 0.650 Kg, los árboles en la categoría diamétrica de 65 cm producen entre 0.400 y 0.550 Kg, los árboles en la categoría diamétrica de 70 cm producen entre 0.350 y 0.400 Kg, los árboles en la categoría diamétrica de 75 cm producen entre 0.300 y 0.250 Kg.

6.3 Medición de altura

Los resultados de la variable altura del árbol en esta investigación no tienen una relación altamente significativa con la producción de resina.

Mientras que Gutiérrez-Vázquez, *et al.*, (2012) obtiene que la altura al fuste limpio tiene expresión negativa en su modelo, por lo que se dice que los árboles con mayor número de ramas pueden ser los mejores productores de resina. Véase Figura 26.

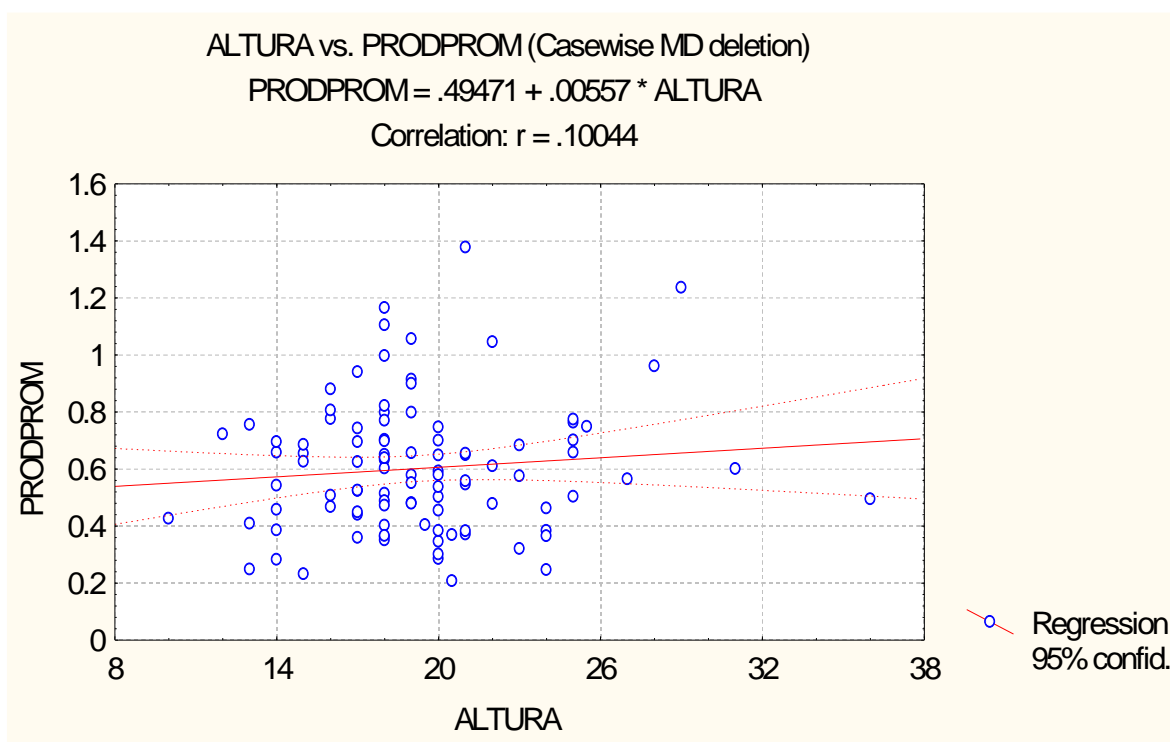


Figura 26. Altura del árbol vs Producción promedio de resina.

Los resultados de la variable altura del árbol no tuvieron una relación altamente significativa $r = 1.0044$ con la producción de resina. Esta investigación nos permite suponer que los árboles más chaparros con mayor número de ramas tienen mayor producción de resina que aquellos árboles altos con fuste limpio.

6.4 Medición de edad

La variable edad presenta relación con la producción mensual de resina, el comportamiento de la edad nos permite conocer que a partir de los 25 años los pinos producen resina, hasta los 105 años.

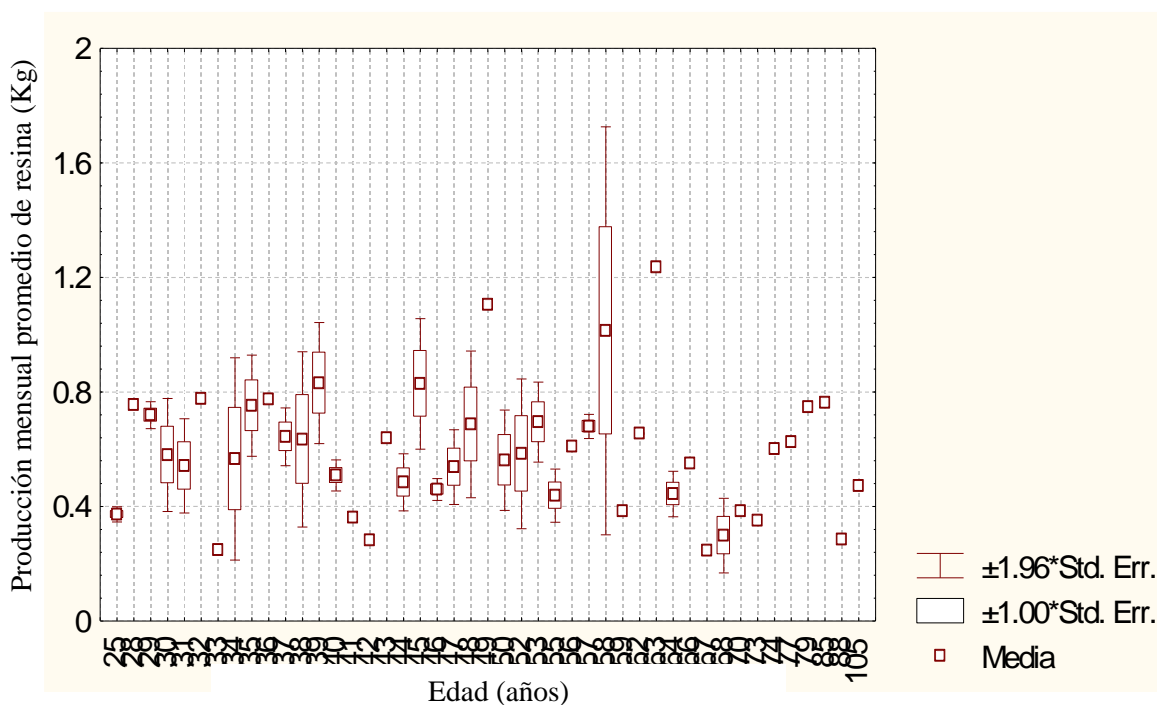


Figura 27. Comportamiento de la edad en la producción de resina.

La Figura 27, ilustra gráficamente la edad de los 100 árboles seleccionados como altamente productores de resina, obteniendo como resultado la producción promedio mensual en kilogramos, los árboles con viejos se extrae menor cantidad de resina que los árboles en edad adulta.

Se observó su mayor producción mensual de resina en un árbol de 58 años y su menor producción mensual de resina la presento un árbol de 33 años de edad.

6.5.Datos climatológicos

La curva de crecimiento permite un pronóstico visual del clima en los pinos resineros, se obtiene como resultado la cantidad de resina de una cara para los doce meses del año, por el Método Francés de resinación Hugues a vida (Romanh de la vega, 1992). Así mismo en esta investigación se observó que el mes de abril es crucial en la sobrevivencia del árbol debido a que la Evapotranspiración Potencial (mm) EVP muestra valores altos y la precipitación pluvial (mm) PP valores bajos. Por ello se recomienda apoyar con riego a las reforestaciones forestales principalmente este mes para potencializar su producción.

6.5.1. Curva de crecimiento que interpreta la relación de la producción de resina de pino con el clima, en la comunidad indígena de Patamban, Michoacán.

La mayor producción se presenta en el mes de junio donde el árbol muestra apertura de los canales resiníferos causados por el calor en la época de secas, además comienza la humedad y se prepara para actividades de almacén de nutrientes, obteniendo como respuesta mayor exudación de resina. Véase marcado en verde en la Figura 28.

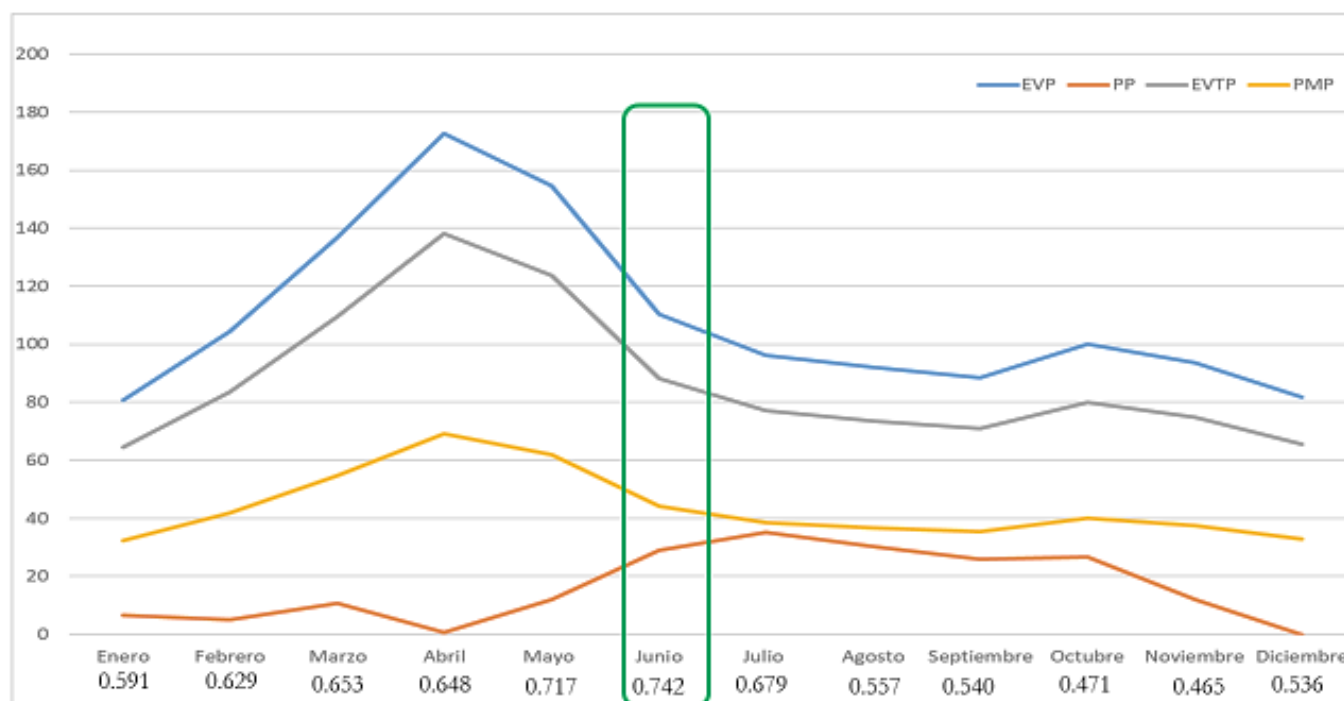


Figura 28. Efecto del clima en la producción de resina.

6.6. Peso de la resina

El mes de junio de 2020 se obtuvo la mayor cantidad de resina de pino con una producción promedio de 0.742 kilogramos, el árbol número 66 es el mayor productor de resina con un promedio de 1.377 kilogramos por mes.

Resultando una producción promedio de 0.600 kilogramos de resina por mes y 7.227 kilogramos por año de los 100 árboles seleccionados. Los resultados de la producción de resina pesada mensualmente en kilogramos, a partir de noviembre de 2019 hasta octubre de 2020. Véase Tabla 9.

Tabla 9. Producción de *Pinus leiophylla* altamente productores de resina de pino en la comunidad indígena de Patamban, Tangancícuaro, Michoacán.

Número de árbol	Peso de la resina en kilogramos										
	nov-19	dic-19	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sep-20
1	0.530	0.605	0.750	0.605	0.590	0.612	0.625	0.674	0.771	0.608	0.605
2	0.735	0.820	0.820	0.950	1.405	0.815	0.838	1.115	1.100	0.812	0.811
3	0.505	0.515	0.625	0.655	0.550	0.547	0.615	0.638	0.582	0.505	0.595
4	0.565	0.455	0.680	0.560	0.380	0.408	0.325	0.642	0.599	0.425	0.428
5	0.400	0.360	0.380	0.390	0.345	0.486	0.415	0.478	0.432	0.367	0.382
6	0.200	0.260	0.290	0.315	0.280	0.465	0.470	0.515	0.484	0.411	0.426
7	0.485	0.480	0.505	0.475	0.495	0.577	0.579	0.577	0.511	0.480	0.492
8	0.160	0.155	0.205	0.265	0.185	0.292	0.306	0.236	0.200	0.145	0.148
9	0.295	0.335	0.455	0.520	0.485	0.467	0.835	0.768	0.561	0.335	0.532
10	0.625	0.715	0.565	0.649	0.835	0.750	0.642	0.765	0.737	0.715	0.715
11	0.140	0.305	0.220	0.365	0.445	0.507	0.543	0.524	0.450	0.405	0.305
12	0.450	0.465	0.460	0.385	0.440	0.198	0.564	0.497	0.488	0.423	0.465
13	0.765	0.796	0.805	0.865	0.855	0.699	0.819	0.820	0.800	0.796	0.796
14	0.155	0.234	0.365	0.370	0.325	0.457	0.225	0.333	0.295	0.234	0.234
15	0.695	0.605	0.515	0.485	0.637	0.324	0.416	0.598	0.555	0.485	0.605
16	0.285	0.392	0.485	0.485	0.655	0.530	0.480	0.632	0.447	0.392	0.392
17	0.520	0.540	0.755	0.850	0.805	0.789	0.908	0.898	0.766	0.540	0.540
18	0.400	0.398	0.545	0.465	0.595	0.462	0.592	0.586	0.498	0.398	0.398
19	0.450	0.395	0.555	0.450	0.630	0.566	0.635	0.588	0.515	0.395	0.395
20	0.395	0.410	0.520	0.375	0.580	0.594	0.586	0.574	0.514	0.421	0.410
21	0.405	0.458	0.480	0.540	0.605	0.590	0.735	0.698	0.608	0.458	0.458

22	0.695	0.786	0.805	0.805	0.820	0.770	0.655	0.889	0.814	0.786	0.786
23	0.525	0.674	0.750	0.910	0.765	1.140	0.913	1.010	1.000	0.974	0.674
24	0.585	0.762	0.670	0.865	1.490	1.462	1.385	1.288	1.182	0.922	0.762
25	0.460	0.555	0.615	0.795	0.755	0.755	1.081	0.987	1.096	0.555	0.555
26	0.235	0.315	0.335	0.565	0.420	0.420	0.436	0.435	0.422	0.315	0.315
27	0.335	0.518	0.460	0.535	0.621	0.612	0.631	0.786	0.688	0.518	0.518
28	0.400	0.715	0.600	0.880	0.755	1.609	1.565	1.578	1.348	0.715	0.715
29	0.450	0.555	0.325	0.415	0.440	0.405	0.532	0.600	0.570	0.555	0.555
30	1.465	1.000	1.345	0.925	1.295	0.776	1.464	1.571	1.485	1.000	1.038
31	1.045	0.982	0.715	0.600	1.260	0.864	1.447	1.288	1.132	0.982	1.181
32	0.410	0.625	0.590	0.700	0.720	0.700	0.824	0.832	0.787	0.625	0.625
33	0.515	0.810	0.895	0.810	0.600	0.798	0.787	0.820	0.818	0.810	0.810
34	0.335	0.610	0.420	0.585	0.600	0.626	0.832	0.856	0.787	0.610	0.610
35	0.805	0.725	0.795	0.825	0.690	0.702	0.792	0.795	0.777	0.725	0.725
36	0.215	0.415	0.330	0.405	0.415	0.408	0.416	0.461	0.500	0.415	0.415
37	0.380	0.725	0.785	0.870	0.745	0.707	0.712	0.862	0.788	0.725	0.725
38	0.305	0.560	0.820	0.920	0.795	0.595	0.816	0.825	0.832	0.560	0.560
39	0.170	0.235	0.355	0.255	0.260	0.349	0.379	0.400	0.380	0.235	0.235
40	0.998	0.875	1.283	0.925	1.325	0.696	1.581	1.422	1.412	0.875	0.875
41	0.300	0.345	0.405	0.580	0.560	1.461	0.899	1.177	1.065	0.345	0.345
42	0.255	0.454	0.780	0.870	0.705	0.835	1.176	1.121	1.021	0.454	0.454
43	0.315	0.345	0.475	0.545	0.560	0.592	0.660	0.666	0.444	0.345	0.345
44	0.325	0.480	0.745	0.760	0.700	0.692	0.772	0.633	0.710	0.480	0.480
45	0.710	0.720	1.100	0.815	1.370	1.366	0.859	1.240	1.206	0.720	0.720
46	0.565	0.498	0.730	0.795	0.780	0.705	0.739	0.726	0.698	0.498	0.498
47	0.305	0.338	0.425	0.475	0.647	0.653	0.672	0.675	0.578	0.338	0.338
48	0.380	0.333	0.475	0.295	0.320	0.351	0.345	0.364	0.295	0.283	0.333
49	0.385	0.415	0.470	0.535	0.535	0.383	0.606	0.608	0.515	0.415	0.415
50	0.160	0.205	0.365	0.360	0.270	0.207	0.305	0.206	0.330	0.205	0.205
51	0.160	0.345	0.510	0.345	0.535	0.414	0.574	0.611	0.561	0.345	0.345
52	0.240	0.535	0.360	0.530	0.425	0.322	0.285	0.550	0.555	0.535	0.535
53	0.560	0.618	0.525	0.710	0.830	0.623	0.747	0.777	0.690	0.618	0.618
54	0.270	0.395	0.360	0.650	0.665	0.816	0.771	0.820	0.698	0.395	0.395
55	0.350	0.413	0.595	0.710	0.765	0.853	0.864	0.818	0.700	0.683	0.413
56	0.250	0.520	0.420	0.545	0.650	0.541	0.808	0.677	0.586	0.520	0.520
57	0.375	0.648	0.345	0.665	0.825	0.750	0.795	0.794	0.710	0.648	0.648
58	0.630	0.555	0.630	0.820	0.645	0.795	1.524	1.000	0.718	0.555	0.555
59	0.435	0.345	0.330	0.430	0.475	0.495	0.795	0.650	0.445	0.368	0.345
60	0.375	0.455	0.600	0.595	0.785	0.742	0.702	0.712	0.670	0.435	0.455
61	0.570	0.560	0.530	0.710	0.760	0.735	0.844	0.774	0.700	0.582	0.560
62	0.525	0.545	0.560	0.665	0.690	0.815	0.840	0.820	0.755	0.565	0.545

63	0.415	0.610	0.520	0.650	0.775	0.618	0.770	0.697	0.633	0.610	0.610
64	0.395	0.650	0.755	0.665	0.825	0.847	0.827	0.838	0.722	0.650	0.650
65	0.740	0.735	1.040	0.920	0.480	0.603	0.815	0.817	0.655	0.735	0.686
66	0.910	1.098	1.495	1.760	1.615	1.457	1.816	1.655	1.505	1.206	1.098
67	0.505	0.444	0.500	0.655	0.440	0.619	0.771	0.774	0.676	0.444	0.444
68	0.335	0.618	0.750	0.750	0.861	0.825	0.879	0.888	0.715	0.618	0.618
69	0.525	0.747	0.625	0.760	0.855	0.820	1.220	0.909	0.808	0.747	0.747
70	0.185	0.310	0.325	0.555	0.455	0.155	0.642	0.456	0.420	0.310	0.310
71	0.250	0.370	0.450	0.315	0.370	0.327	0.492	0.565	0.465	0.370	0.370
72	0.530	0.777	0.900	0.940	0.760	0.749	1.754	1.205	1.026	0.837	0.777
73	0.665	0.598	0.735	0.660	0.450	0.474	0.413	0.712	0.672	0.598	0.598
74	0.760	0.705	0.525	0.935	0.780	0.800	0.885	0.900	0.780	0.705	0.705
75	0.490	0.498	0.590	0.915	0.805	1.262	1.360	1.185	0.990	0.498	0.498
76	0.715	0.810	0.800	0.875	0.770	1.473	1.640	1.566	1.388	1.111	0.810
77	1.130	1.005	1.315	1.410	0.785	1.502	0.758	1.306	1.400	1.228	1.005
78	0.565	0.600	0.710	0.595	0.800	0.636	0.772	0.774	0.556	0.600	0.600
79	0.455	0.715	0.715	0.735	0.705	0.824	0.810	0.810	0.772	0.715	0.695
80	0.510	0.495	0.770	0.695	0.615	0.437	0.350	0.435	0.490	0.495	0.495
81	0.380	0.500	0.500	0.595	0.535	0.340	0.397	0.500	0.386	0.487	0.500
82	0.372	0.470	0.475	0.495	0.475	0.369	0.313	0.315	0.323	0.335	0.298
83	0.170	0.200	0.255	0.155	0.595	0.181	0.214	0.222	0.200	0.219	0.208
84	0.495	0.500	0.510	0.570	0.350	0.307	0.355	0.250	0.440	0.611	0.500
85	0.305	0.608	0.685	0.520	0.470	0.725	0.756	0.673	0.587	0.688	0.628
86	0.310	0.350	0.350	0.370	0.255	0.305	0.302	0.300	0.308	0.333	0.350
87	0.695	0.850	0.880	0.595	0.745	0.529	0.626	0.517	0.510	0.850	0.850
88	0.205	0.265	0.275	0.270	0.375	0.369	0.380	0.372	0.360	0.265	0.265
89	0.275	0.275	0.350	0.405	0.310	0.376	0.409	0.561	0.545	0.575	0.275
90	0.390	0.330	0.310	0.245	0.295	0.382	0.403	0.403	0.400	0.330	0.330
91	0.635	0.638	0.635	0.730	0.750	0.447	0.515	0.782	0.620	0.638	0.638
92	0.490	0.450	0.615	0.630	0.490	0.370	0.425	0.665	0.558	0.450	0.450
93	0.830	0.800	0.785	0.910	0.790	0.653	0.553	0.902	1.025	0.914	0.677
94	0.375	0.370	0.370	0.555	0.555	0.475	0.334	0.370	0.360	0.355	0.333
95	0.255	0.325	0.320	0.405	0.450	0.418	0.477	0.450	0.388	0.325	0.311
96	0.720	0.746	0.780	0.765	0.595	1.038	0.372	0.924	0.825	0.746	0.686
97	0.405	0.555	0.600	0.520	0.635	0.634	0.481	0.615	0.559	0.615	0.555
98	0.340	0.345	0.355	0.415	0.360	0.345	0.360	0.412	0.366	0.345	0.380
99	0.215	0.230	0.235	0.255	0.315	0.288	0.204	0.241	0.250	0.263	0.230
100	0.610	0.817	0.725	0.700	1.385	1.142	0.894	0.960	0.810	0.886	0.904

6.7. Cadena de valor de la resina de pino.

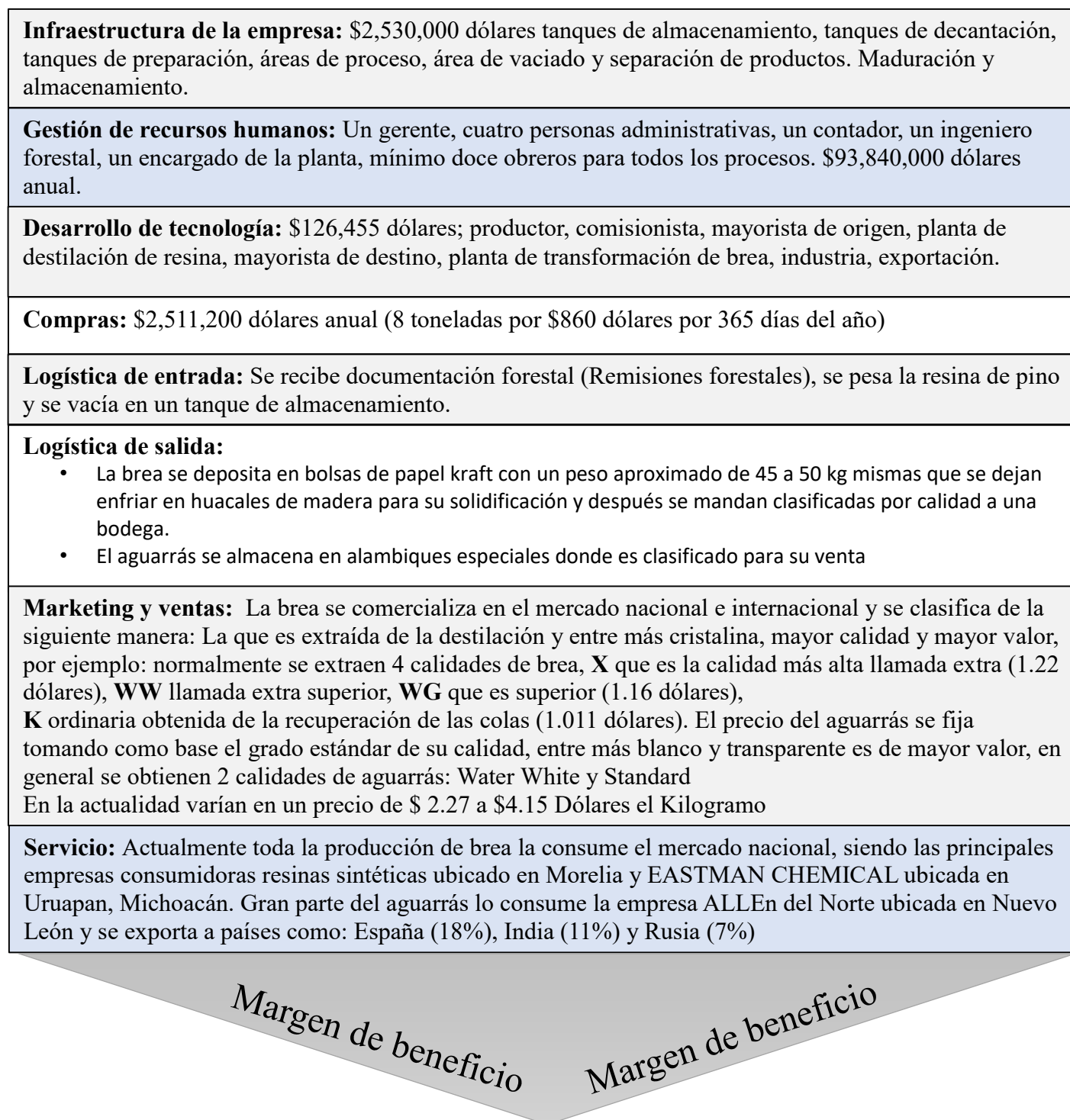


Figura 29. Cadena de valor de la resina de pino.

6.8. Análisis estadístico

6.9.1. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de las variables independientes respecto a la producción de resina (variable dependiente).

De las variables independientes: edad del árbol, diámetro del fuste árbol y altura del árbol se obtuvieron resultados sobre el análisis de varianza relacionadas a la producción de resina.

Véase en la Tabla 10, la relación de las variables dependientes donde se puede apreciar diferencia altamente significativa en las variables edad del árbol y diámetro del fuste del árbol. En la altura del árbol se observó diferencia significativa.

Tabla 10. Resultados del análisis de varianza de las variables independientes del estudio relacionadas con la producción de resina.

Análisis de varianza (ANOVA) Variable dependiente (producción de resina)								
Variables independientes	SC (efecto)	GL (efecto)	SM (efecto)	SC (error)	GL (error)	SM (error)	Fcal	P
Edad del árbol	3.150201	44	0.071595	1.96559	55	0.035738	2.003337	0.007458**
Diámetro del fuste del árbol	2.0254	9	0.225044	3.09039	90	0.034338	6.553851	0.000000**
Altura del árbol	0.775394	14	0.055385	0.00203	2	0.001018	54.39265	0.018193*

*Diferencia estadística significativa

**Diferencia estadística altamente significativa.

La variable dasonómica diámetro normal resulta ser determinante en la cantidad de resina que un pino puede producir, se puede aprovechar resina a partir de que el fuste del árbol alcance los 25 cm de diámetro. Los árboles seleccionados con mayor producción se encuentran en edad adulta. Se cumple la hipótesis planteada de la investigación, ya que el diámetro y la edad tienen relación con la producción de resina en la selección de *Pinus leiophylla* Schl. & Cham.

6.9.2. Relación de diámetro y edad con la producción de resina.

Para un mejor análisis de los efectos de la variable diámetro en la producción de resina se realizó un análisis de correlación, observándose $r = -0.5891$, lo que indica una tendencia a ir disminuyendo la producción con el crecimiento del diámetro del árbol. Véase Figura 30.

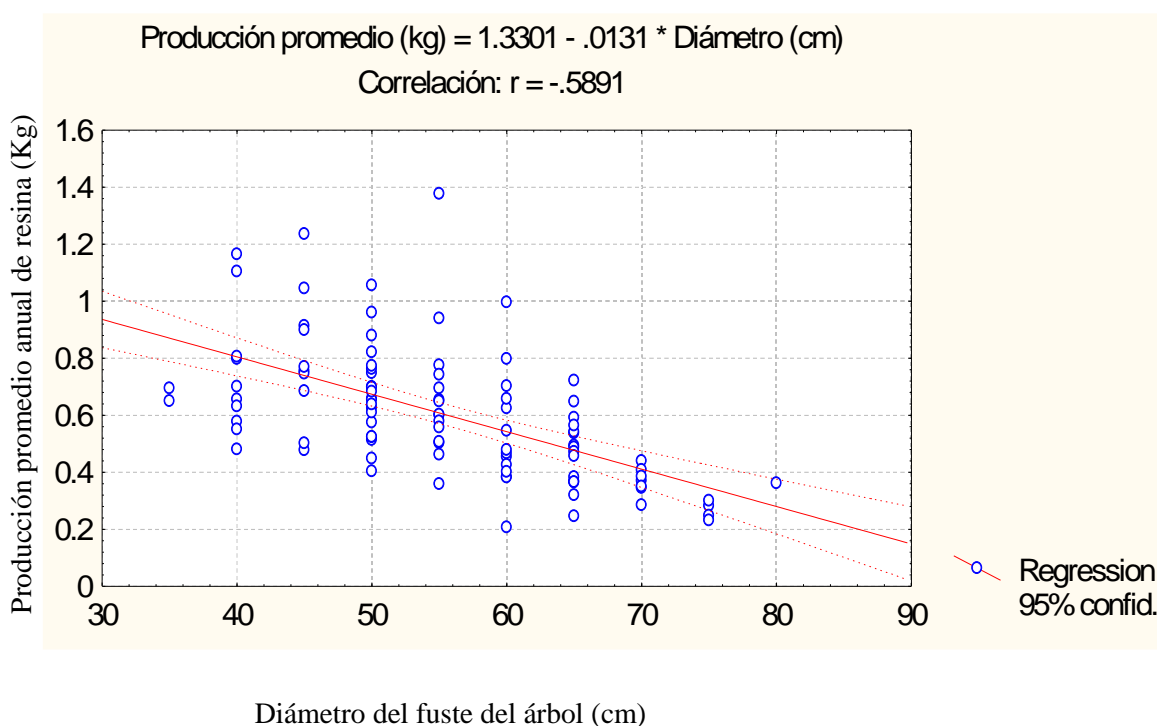


Figura 30. Análisis de regresión en el comportamiento de la producción de resina respecto al diámetro del fuste del árbol.

En la Figura 30, se observó que los 100 árboles seleccionados no se ven afectados por la resinación en las categorías diamétricas de 30 cm a 90 cm de diámetro del fuste del árbol. Para una selección de árboles plus, se tiene una producción promedio anual de resina de 1.3301 Kilogramos.

Los diámetros más anchos no producen mayor cantidad de resina, sin embargo, permiten que se aumente el número de caras instaladas en el árbol dedicado a la producción de resina.

6.9.3. Edad vs Producción de resina

Para un análisis más puntual en el efecto de la producción promedio anual de resina con respecto a la edad de los árboles y relacionando el número de observaciones.

En la Figura 31 se puede observar el comportamiento de la selección de los árboles muestreados y su producción de resina, sobresaliendo los árboles de entre 40 a 55 años, que vienen representando la conformación normal de los árboles en el área resinera.

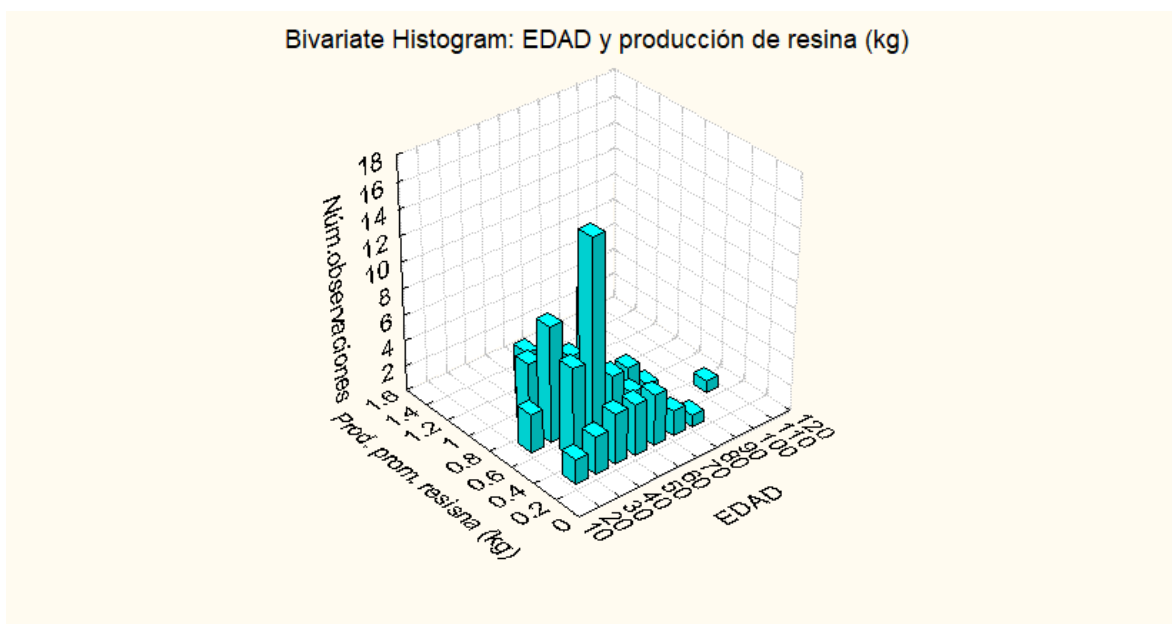


Figura 31. Edad y producción de resina.

A los 45 cm de diámetro los árboles presentan mayor producción de resina, después de los 70 cm de diámetro los árboles están bajo la media de producción promedio mensual. Como se puede observar en la Figura 28, la variable edad tiene relación en la producción de resina, cuando el arbolado se encuentra en edad adulta, ni joven, ni viejo. Por lo que, según los resultados obtenidos en esta investigación, es posible aprovechar resina desde los 35 años hasta los 75 años, siendo la máxima producción en una edad de 55 años promedio.

6.9.4. Diámetro vs Edad vs Producción de resina

Para representar un análisis más puntual del comportamiento de la variable dependiente producción de resina con respecto a las variables independiente interactuantes diámetro vs edad se realizó el análisis superficial cuadrático presentado en la Figura 32, donde se puede observar el comportamiento de la producción de resina dentro de los rangos de edad de los 10 hasta los 120 años y de 30 a 90 cm de diámetro, siendo la mejor producción en árboles de 58 años, con producción desde 0.050 hasta los 0.807 kilogramos, los colores rojos oscuros la mayor producción y los colores verdes oscuros representan la menor producción.

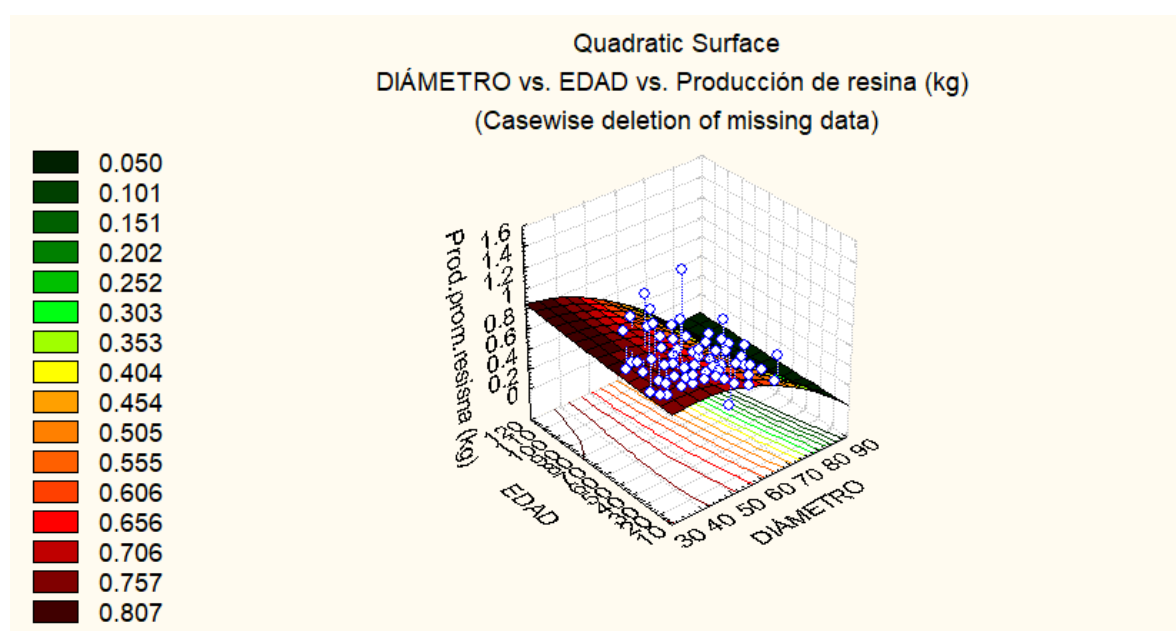


Figura 32. Comportamiento de la producción promedio de resina dependiendo de la edad y el diámetro del fuste de los árboles.

De la selección de árboles altamente productores de resina, el árbol L66 fue el mayor productor un diámetro de 65 cm y 58 años de edad con una producción promedio anual de 1.220 kilogramos de resina. Mientras que el árbol L8 con una edad de 34 años es el menor productor, en el centro se observan los árboles de con mayor producción en edades de 45 a 55 años y la disminución de producción de resina empieza a partir de los 60 años.

6.9.5. Edad vs Diámetro

El análisis comparativo de las variables edad contra diámetro, permite saber cuál de las variables tiene mayor correlación en la selección de árboles altamente productores de resina.

Mediante la interpretación se obtuvo como resultado $\text{Diámetro} = 53.995 + .03003 * \text{Edad}$, observándose $r = .04268$. Véase Figura 33.

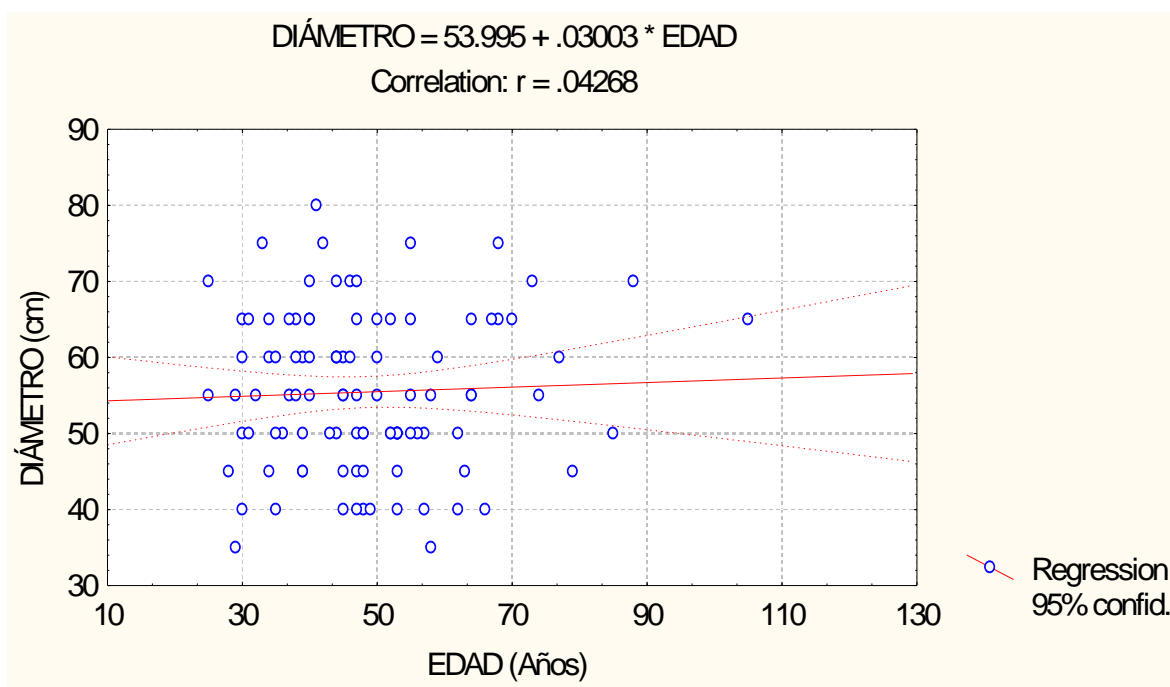


Figura 33. Edad vs Diámetro.

En la Figura 33, se muestra que el diámetro es la variable más importante en la selección de *Pinus leiophylla* Schl. & Cham. altamente productores de resina en Michoacán, México. Con una correlación en la producción de resina. Así como el comportamiento de los 100 árboles seleccionados de acuerdo a sus edad y diámetro con tendencia en el aumento de la cantidad de resina. Se muestra una regresión ente la categoría diamétrica de 50 y 60 cm de diámetro y el mayor número de árboles en la edad de 50 años.

6.10. Curva de producción edad en el manejo forestal.

La curva de producción de resina de pino muestra una correlación $r = -.0958$, en la Figura 31 se observan los rangos de edad para el aprovechamiento sustentable de resina, además se conoce la edad máxima de aprovechamiento para evitar una sobre resinación impidiendo la presencia de plagas forestales tal es el caso de descortezadores. Además de incrementar el valor económico de la resina.

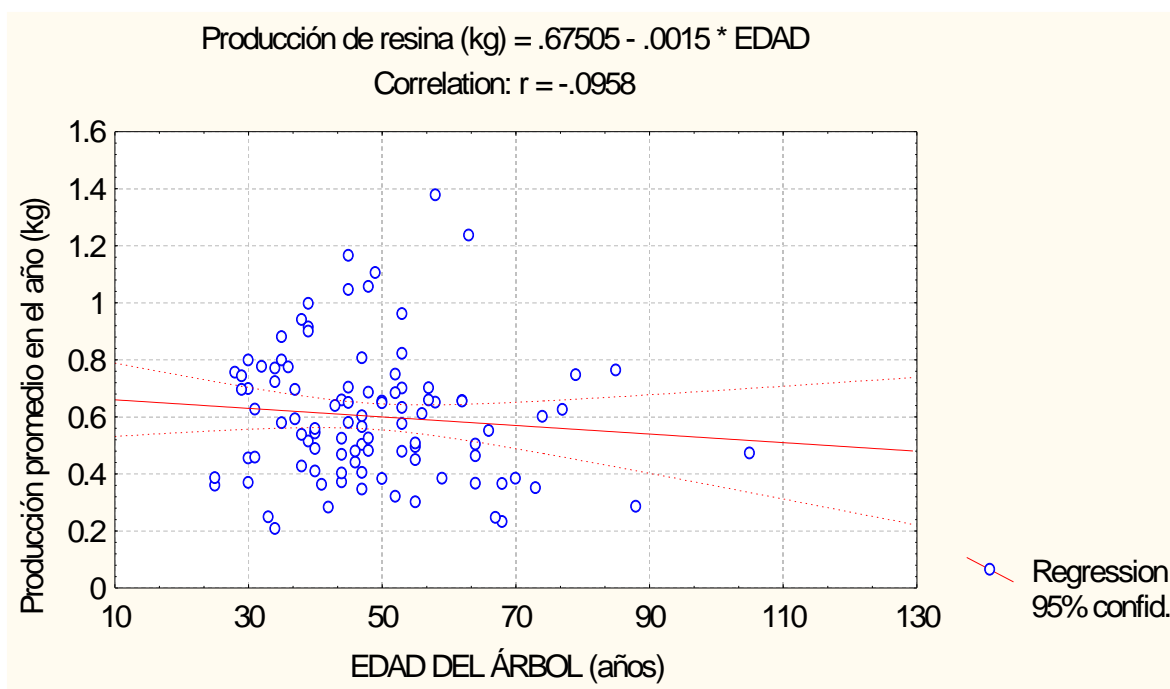


Figura 34. Curva de producción edad en el manejo forestal.

La Figura 34, muestra claramente que la producción de resina de pino ideal es de los 35 a los 75 años y su máxima producción es de los 40 a los 55 años. Teniendo como resultado 40 años para aprovechamiento de pino y 15 años de alta producción. Con respecto al diámetro los árboles muestreados pueden aprovechar la resina a partir de los 25 cm de diámetro normal para regularlo de manera sustentable como lo indica la NOM-026-SEMARNAT, éstos tienen relación con la producción de resina, así como las condiciones climatológicas de la región en cuestión de pronósticos de la climatología.

7. DISCUSIÓN

Lombardero, *et al.*, (2000) demuestran en su estudio que los factores ambientales tienen influencia en la producción de resina en los pinos. Para Westbrook, *et al.*, (2015) los factores morfológicos propios de cada especie como el número y tamaño de canales resiníferos determinan la productividad resinera. Esta investigación propone estudiar las variables dendrométricas en la selección de árboles altamente productores de resina. Además de los resultados obtenidos de las variables diámetro, edad y altura. Gutiérrez-Vázquez, *et al.*, (2012) consideran la medición de: altura de fuste limpio, diámetro de copa, número de caras vivas, tipo de suelo, pendiente, profundidad de la cara, distancia entre cara y cara, altura de la visera, altura de la pica y el número de anillos en 2.5 cm.

Como resultado de esta investigación la producción de resina mensual promedio obtenida es de 0.6 a 4.6 kilogramos para *Pinus leiophylla* Schl. & Cham, mientras que Reyes-Ramos, *et al.*, (2019) obtiene 0.5 a 4.7 Kilogramos para *Pinus oocarpa* y Fabián-Plesníková (2014) obtiene 0.3 a 4.3 kilogramos en *Pinus pringlei* Shaw ex Sargent.

8. CONCLUSIÓN

Las variables dasométricas diámetro y la edad tienen relación con la producción de resina en la selección de *Pinus leiophylla* Schl. & Cham. Se contribuyó a la conservación de recursos genéticos forestales, mediante la selección de árboles con alto potencial productivo de resina y se podrían hacer pruebas de investigación para aplicar este procedimiento con otras especies del género *Pinus* spp., en distintas comunidades indígenas de Michoacán. Esta investigación sirve como base para el establecimiento de Huertos Semilleros mediante la recolección de germoplasma de árboles potencialmente resineros. El programa de mejoramiento mediante selección de árboles es el inicio para establecer Plantaciones Forestales Comerciales Resineras (PFC) en el estado de Michoacán. La curva de producción - edad permite conocer el comportamiento y apoyar a la toma de decisiones en el manejo de recursos forestales maderables y no maderables para un desarrollo sustentable.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Administration, S. F. (2014). Forestry study. *Eighth National Forest Inventory. Beijing, China.*, 59-66.
- Aguirre, O. A. (2015). Manejo forestal en el siglo XXI. *Madera y Bosques*, 17-28.
- Aldas, M., Pavón, C., López Martínez, J., & Arrieta, M. P. (2020). Pine Resin Derivatives as Sustainable Additives to improve the Mechanical and Thermal Properties of Injected Moulded Thermoplastic Starch. *Applied Sciences MDPI*, 1-17.
- Aldrete, A., & López-Upton, J. (1993). Colecta, manejo y evaluación de semilla en la región forestal de Pátzcuaro, Michoacán. In: *Primer Congreso Mexicano Sobre Recursos Forestales. Sociedad Mexicana de Recursos Forestales.*, 1-46.
- Arias, T. A. (2006). Resina: entre la madera y el desarrollo comunitario integral. *CONABIO. Biodiversitas*, 1-7.
- Barrance, A., & Hellin, J. (2002). Árboles de Centroamérica. Cap. 3. Factores claves para el éxito de programas de reforestación y regeneración natural. *CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza)*., 71-100.
- Bocco, G., Mendoza, M., & Masera, O. R. (2001). La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 18-38.
- Cano Capri, J. (1988). El sistema de manejo regular en los bosques de México. *Universidad Autónoma Chapingo* , 212-225.
- CONAFOR. (2012). La producción de resina en México. *Biblioteca virtual*, 1-101.
- CONAGUA. (2020). Coordinación general del servicio meteorológico nacional. Proyecto de bases de datos climatológicos. *Michoacán 00016251 patamban, tangancicuaro.*, 1-6.
- Cunningham. (2009). Estado actual de la resinación en el mundo. *XIII Congreso Forestal Mundial*, 1-7.
- Cunningham. (2009). Estudio de mercado de los productos resinosos. *Colofonia y aguarrás; y el potencial de la miera Ibérica de la Comarca del Izana para diferentes usos industriales.*, 2-70.

- DOF. (2018). Producción de resina en Michoacán. *Ley general de desarrollo forestal sustentable*, 1-3.
- Dvorak, W. S., Potter, K. M., Hipkins, V. D., & Hodge, G. R. (2009). Genetic diversity and gene exchange in *Pinus oocarpa*, a Mesoamerican pine with resistance to Pitch canker fungus (*Fusarium circinatum*). *International Journal of Plant Sciences* 170, 609-626.
- Eguiluz Piedra, T. (1978). Ensayo de integración sobre los conocimientos del género *Pinus* en México. *Tesis Profesional. Univ. Autónoma Chapingo.*, 134-147.
- Elzinga, C. (2005). Observer Variation in Tree Diameter Measurements. *Alderspring Ecological Consulting, PO Box 64, Tendoy, ID 83468*, 134-137.
- Fabián-Plesníková, I. (2014). Variación genética en un ensayo de progenies de *Pinus pringlei* Shaw ex Sargent procedentes de árboles superiores en producción de resina. *Tesis de maestría, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México.*, 1-56.
- Faldt, J. (2010). Volatile constituents in conifers and conifer-related wood-decaying fungi – Biotic influences on the monoterpene compositions in pines. *Royal Institute of Technology, Stockholm*, 23-34.
- FAO. (2011). Situación de los Recursos Genéticos Forestales en México. México: *Informe Final del proyecto TCP/MEX/3301/MEX (4)*.
- FAO. (2016). *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2015 ¿CÓMO ESTÁN CAMBIANDO LOS BOSQUES DEL MUNDO?* Roma: ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA.
- Flores, C. F. (2014). Manual técnico para el establecimiento de ensayos de procedencias y progenies. *CONAFOR*, 1-154.
- Flores, H. J. (2011). ÁREAS POTENCIALES PARA ESTABLECER PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES DE *Pinus pseudostrobus* Lindl. Y *Pinus greggii* Engelm. EN MICHOACÁN. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 30-44.
- Gavito, M. E.-O.-P. (2017). Ecología, tecnología e innovación para la sustentabilidad: retos y perspectivas en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 160.
- Gutiérrez, T., Rodríguez, M. A., & Villegas, I. (1979). La producción de resina en pinares de ciertas áreas del estado de Michoacán bajo condiciones experimentales. *CIENCIA FORESTAL*, 17-55.

- Gutiérrez, G., & Ricker, M. (2014). Manual para tomar virutas de madera con el barreno de Pressler en el Inventario Nacional Forestal y de Suelos. *Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México D.F., México.*, 1-31.
- Gutiérrez-Vázquez, B. N., Gómez-Cárdenas, M., Gutiérrez-Vázquez, M. H., & Mallén-Rivera, C. (2012). Variación fenotípica de poblaciones naturales de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. en Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4(19), 46-60.
- Humboldt, I. d. (2008). Programa Mosaicos de Conservación, Patrimonio Natural. *Los andes*, 1-26.
- Jozsa, L. A. (1988). Increment Core Sampling Techniques for High Quality Cores. *Forintek -Special Publication SP-30, Vancouver, Canada.*, 1-26.
- Kuehl, R. (2001). Diseño de experimentos. *Principios estadísticos para el análisis y diseño de investigaciones*, 1-666.
- Lombardero, M. J., Ayres, M. P., Lorio, P. L., & Ruel, J. J. (2000). Environmental effects on constitutive and inducible resin defenses of *Pinus taeda*. *Ecology Letters*, 3(4). doi: 10.1046/j.1461-0248.2000.00163.x, 329-339.
- López, M. (2017). Análisis del aprovechamiento maderable y resinero en el ejido la cuadrilla, Morelia, Michoacán. *Tesis profesional. Instituto tecnológico del valle de Morelia.*, 1-149.
- López, M. (2018). ESTUDIO DE CASO: LA RESINACIÓN DEL GÉNERO *Pinus* EN SAN FRANCISCO CHERÁN MICHOACÁN. *Universidad Autónoma Chapingo*, 1-106.
- Lukmandaru, G., Amri, S., Sunarta, S., Listyanto, T., Pujiarti, R., & Widyorini, R. (2019). Oleoresin yield of *Pinus merkusii* trees from East Banyumas. *ICAF SEANAFE*, 1-7.
- Macias, J. L. (2015). Del bosque a la fabrica. Técnica y ciencia de la resina de pino en la España contemporánea. *Universidad Autonoma de Madrid*, 1-522.
- Martinez, M. (1948). LOS PINOS MEXICANOS. México: *ediciones botas*.
- Martínez-Trinidad, T., Vargas-Hernández, J. J., Muñoz-Orozco, A., & López-Upton, J. (2002). Respuesta al déficit hídrico en *Pinus leiophylla*: consumo de agua y crecimiento en plántulas de diferentes poblaciones. *Agrociencia* 36, 365-376.

- Masen, F. (1994). Selección de especies y procedencias forestales. En: Curso nacional sobre identificación, selección y manejo de rodales semilleros. *Memorias. PROFESOR, CATIE/Danida. Baja Verapaz, Guatemala*, 11-28.
- Mittermeir, R. A., Myers, J. B., Thomsen, J. B., & Fonseca, G. A. (1998). Biodiversity hotspots and major tropical wilderness areas: approaches to setting conservation priorities. *Conservation Biology* 12., 516-520.
- ODABAĞ SERGİN, Z., ÜNALDI, E., & ÇİĞÇEKLER, M. (2017). Oleoresin Yield of *Pinus Brutia* Ten. in Turkey: Effect of Tree Diameter, type of stimulant chemicals and concentration rate. *IMCOFE*, 1-5.
- Peláez, E. J. (2012). El Manejo Forestal en México: Estado actual y Perspectivas. *ESTADO DE LOS BOSQUES DE MEXICO*, 69.
- Perry, J. P. (1991). The pines of Mexico and Central America. *Timber Press, Portland, Oregon.*, 12-24.
- Quiroz Carranza, J. A., & Magaña Alejandro, M. A. (2015). Resinas naturales de especies vegetales Mexicanas: Usos actuales y potenciales. *Madera y bosques*, 171-183.
- Reyes-Ramos, A., Cruz de León, J., Martínez-Palacios, A., Lobit, P. C., Ambríz-Parra, J. E., & Sánchez-Vargas, N. M. (2019). Caracteres ecológicos y dendrométricos que influyen en la producción de resina en *Pinus oocarpa* de Michoacán, México. *Madera y Bosques*, 25(1), e2511414. doi: 10.21829/myb.2019.2511414, 1-13.
- Rodrigues, K. C., Azevedo, P. C., Sobreiro, L. E., Pelissari, P., & Fett-Neto, A. G. (2008). Oleoresin yield of *Pinus elliottii* plantations in a subtropical climate: Effect of tree diameter, wound shape and concentration of active adjuvants in resin stimulating paste. *Industrial crops and products*, 322-327.
- Romahn de la vega, C. F., & Ramirez, H. (2010). Dendrometría. *División de Ciencias Forestales*, 13-80.
- Romanh de la vega, C. F. (1992). Principales productos forestales no maderables de México. *UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO*, 29-124.
- Ruifen, Z. (2005). A brief introduction of Yunnan gum rosin. *Chengdu*, 86-134.
- SEMARNAT. (2005). NORMA OFICIAL MEXICANA 026 . *DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN*, 1-5.

- SEMARNAT. (2016). Anuario Estadístico de la Producción Forestal. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/181383/ANUARIO_FORESTAL_2015.pdf, 15-38.
- Steel, R. D., Torrie, J. H., & Dickey, D. A. (1997). Principles and procedures of statistics, a biometrical approach. 3th edition. *McGraw-Hill series in Probability and Statistics*. U.S.A. WCB/McGraw-Hill., 8-36.
- Tadesse, W., Auñón, F. J., Pardos, J. A., Gil, L., & Alía, R. (2001). Evaluación precoz de la producción de miera en *Pinus pinaster* Ait. *Investigación Agraria: Sistema y Recursos Forestales*, 141-150.
- Thomas, E., Jalonen, R., Loo, J., & Bozzano, M. (2015). Cómo evitar el fracaso en la restauración forestal: la importancia de disponer de un germoplasma genéticamente diverso y adaptado a los sitios de plantación. *Unasylva* 245, Vol. 66, 29-36.
- UNR. (2019). La resina de pino y su industrialización. *UNION NACIONAL DE RESINEROS*, 12-16.
- Vázquez, Y. C. (2003). Árboles y Arbustos Nativos potencialmente valiosos para la Restauración Ecológica y la Reforestación. . *Proyecto J-084. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología.*, 1-15.
- Velásquez, A. (2002). Patrones y Tasas de Cambio de Uso del Suelo en México. *Gaceta Ecológica*, No. 062. *Instituto Nacional de Ecología.*, 21-37.
- Von Gadow, K., Sánchez Orios, S., & Aguirre Calderón, O. A. (2004). Manejo forestal con bases científicas . *Madera y bosques*, 3-16.
- Westbrook, J. W., Walker, A. R., Neves, L. G., Munoz, P., Resende Jr, M. F., Neale, D. B., Peter, G. F. (2015). Discovering candidate genes that regulate resin canal number in *Pinus taeda* stems by integrating genetic analysis across environments, ages, and populations. *New Phytologist*, 205(2). doi: 10.1111/nph.13074, 627-641.
- White, T. L., Adams, W. T., & Neale, D. B. (2007). Forest Genetics. *CABI Publishing, Cambridge, MA USA.*, 576-682.
- Williams, R., Nauman, C., & Zhu, J. (2017). The Effects of Resin Tapping on the Radial Growth of Masson Pine Trees in South China-A Case Study. *Agricultural Research & Technology: Open Access Journal*, 1-4.

- Yu, X., Bai, X., Xu, D., & Chai, J. (1999). Nutrient cycle of *Eucalyptus* plantations with different continuous-planting rotations. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 20(3), 60-66.
- Zobel, B., & Talbert, J. (1984). Applied Forest Tree Improvement. *John Wiley & Sons. USA.*, 27-510.

10. ANEXOS

10.1. Propuesta de Huerto semillero en Michoacán.

El período de recolección de los conos se llevó a cabo de diciembre a mediados de febrero. De 11 a 18 semillas llenas por cono, los estróbilos se recolectan directamente del árbol, el cual debe ser escalado con equipo apropiado. Hay 110,660 semillas por kg (Masen, 1994). Se recomienda el ensayo con 15 procedencias en 3 sitios, para cada sitio se tomarán 25 árboles en los cuales se tendrán el diseño experimental de bloques completos al azar, ver Figura 34, con 8 bloques (repeticiones) por unidad experimental, para un total de 3,000 plantas experimentales en cada sitio (Flores, 2014). Véase Figura 35.

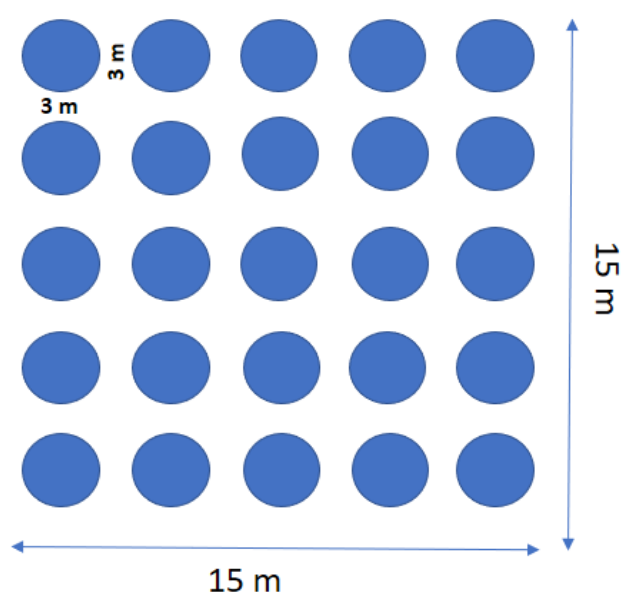


Figura 35. Parcela para el establecimiento de árboles altamente productores de resina.

Por parcela habrá 25 individuos a una separación de 3 x 3

Área total por bloque = 225 m², la medida de la parcela será de 15x15 m

25 individuos * 8 repeticiones = 200 semillas * 3 sitios = 600 semillas

110,600 semillas ----- 1000 g

600 semillas----- x

X = 5.42 g * 15 procedencias (Zobel, 1988).

Ocuparemos un total de 81.3 g de semilla de *Pinus leiophylla*, recolectaremos 27 conos de *Pinus leiophylla*, ya que sólo se obtiene semilla de 1/3 del cono (Flores,2014), ver Figura 36.



Figura 36. Conos de *Pinus leiophylla*.

La distribución de parcelas en cada repetición tomará en cuenta 15 procedencias por 8 repeticiones (Zobel & Talbert, 1984).

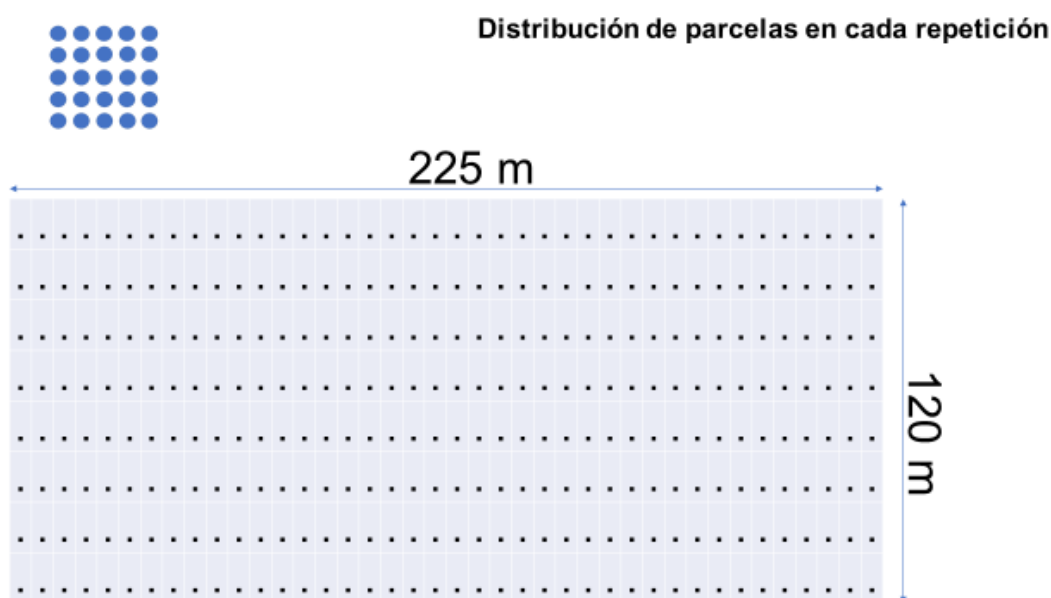


Figura 37. Superficie plantación forestal comercial de resina.

La Figura 37, muestra la distribución de parcelas en cada repetición; $15\text{ m} \times 15\text{ m} = 225\text{ m}^2$; $8\text{ m} \times 15\text{ m} = 120\text{ m}^2$. Se desea probar quince procedencias con ocho repeticiones y parcelas de 25 plantas cada una, se genera un total de 120 parcelas, con un total de 3,000 plantas de experimento (Flores, 2014).